Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Freien Universität Berlin im
Oskar - Helene - Heim
Direktor: Prof. Dr. med. Günter Friedebold

Die Köhler'sche Tränenfigur

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Helge Golzo
aus Berlin

1976

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Freien Universität Berlin im
Oskar - Helene - Heim
Direktor: Prof. Dr. med. Günter Friedebold

Die Köhler'sche Tränenfigur

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Helge Golzo
aus Berlin

Referent: Prof. Dr. med. Günter Friedebold

Korreferent: Prof. Dr. med. H. Oeser

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 27. August 1976

Inhaltsverzeichnis

		Seite
A	Einleitung	1
B	Literaturübersicht	2
C	Material und Methode	9
D	Untersuchungsergebnisse	12
	1. Serie I: Seitliche Drehung nach medial und lateral bis jeweils 45° mit Einzelabständen von 5° ohne Hüftkopf. (Bild 3).	12
	a) Beschreibung	12
	b) Beurteilung	15
	2. Serie II: Seitliche Drehung nach medial und lateral bis jeweils 45° mit Einzelabständen von 5° mit Hüftkopf.	18
	a) Beschreibung	18
	b) Beurteilung	19
	3. Serie III: Sagittale Kippung nach ventral bis 45° und dorsal bis 40° (Bild 4).	20
	a) Beschreibung	20
	b) Beurteilung	21
	4. Serie IV: Schnitte bei Normalstellung in der Frontalebene.	23
	a) Beschreibung	23
	b) Beurteilung	25

Seite

5. Serie V: Schnitte bei medialer Drehung von 25° (siehe Übersichtsdrehung Bild I/16). 27

a) Beschreibung 27

b) Beurteilung 29

6. Serie VI: Schnitte bei lateraler Drehung von 30° (siehe Übersichtsdrehung Bild I/7). 31

a) Beschreibung 31

b) Beurteilung 32

E Diskussion 34

1. Wie entsteht die Tränenfigur? 34

2. Wie kommt es zu Kreuzungsphänomenen? 38

3. Was bildet den medialen Tränenfigurschenkel? 41

4. Was bildet den lateralen Tränenfigurschenkel? 48

5. Was bildet den unteren Bogen? 50

F Zusammenfassung 51

G Literaturverzeichnis 52

H Bildteil I

1. Bilder 1 - 6 I

2. Serie I IV

		Seite
3. Serie	II	IX
4. Serie	III	XIV
5. Serie	IV	XIX
6. Serie	V	XXIII
7. Serie	VI	XXVI

A Einleitung

Die Köhler'sche Tränenfigur ist ein Summationsbild einzelner, in der Strahlenebene liegender Knochenflächen in der normalen BeckenÜbersichtsaufnahme des Erwachsenen. Sie besteht aus einem lateralen, im cranialen Anteil elliptischen Schenkel mit nach medial gekrümmtem unteren Bogen und einem medialen, meist gerade verlaufenden Schenkel (s. Pfeil, Bild 1).

Bereits um die Jahrhundertwende wurden im Zuge der schnell fortschreitenden Röntgentechnik die ersten Versuche zur Deutung der Tränenfigurlinien unternommen. Es ist bemerkenswert, daß bis heute keine Untersuchungen vorliegen, die eine befriedigende Erklärung über das Zustandekommen der Tränenfigur und ihre möglichen Formvarianten geben.

Es soll Aufgabe dieser Arbeit sein, die Orientierung in der Tiefe des Hüftgelenks bei verschiedenen Röntgenröhrenfokusstellungen zu erleichtern.

B Literaturübersicht

WOLFF (1896) beschrieb als erster die später von KÖHLER (1905) als Tränenfigur bezeichnete Linienbildung in Projektion auf das Os ischii. Als lateralen Schenkel sah er die Verbindungslinie zwischen Incisura ischiadica major und Spina ossis ischii an, während der mediale Schenkel dem vorderen Rand des Acetabulums entsprechen sollte.

LUDLOFF (1902) kam zu dem Schluß, daß bei Normalpersonen die Tränenfigur dem scharf abgebildeten knöchernen Pfannenrand entsprechen müsse.

KÖHLER (1905) prägte den Begriff "Tränenfigur" und nahm als erster Autor umfassend zu der Entstehung der Tränenfigurschenkel Stellung. Mit Hilfe von Bleidrahtmarkierungen stellte er die Fossa acetabuli als Teil des Pfannencavums dar. Anhand von Sägeschnitten kam er zu dem Schluß, daß der laterale Tränenschenkel der Aushöhlung des Acetabulums entspräche. Weiter sagte KÖHLER, daß sich lateraler und medialer Schenkel in zwei verschiedenen Ebenen befänden, wodurch eine Kreuzung der Schenkel erst möglich würde. Mit Hilfe eines Sägeschnittes stellte er aber zugleich fest, daß beide Schenkel scheinbar auch in einer Frontalebene lagen. Schließlich kam KÖHLER zu der Auffassung, daß der mediale Schenkel einem flächenartigen Gebilde entspräche, welches gekrümmt verläuft und zwischen Pfanne und Filmschicht zu suchen sei; er erstrecke sich dorsal der Pfanne vom Tuberculum ischiadicum bis zur Mitte der Incisura ischiadica major.

Bezüglich des unteren Bogens der Tränenfigur kam KÖHLER zu dem Schluß, daß dieser in Höhe des Tuberculum obturatorium posterius,

an der Umschlagstelle der Incisura acetabuli zur Beckeninnenwand gelegen sein müsse.

In der Frage nach dem praktischen Gewinn, der aus der Deutung der Tränenfigurschenkel für die Röntgendiagnostik zu ziehen sei, gab er der Hoffnung Ausdruck, daß den Hüftgelenksveränderungen bei besserer Röntgentechnik in der Zukunft eine größere Beachtung geschenkt würde.

REINER und WERNDORFF (1906) stellten nach Ausmeißeln des Recessus acetabuli aus der Hüftpfanne fest, daß die Tränenfigur nur in diesem Bereich lokalisiert sein konnte, da sie im Röntgenbild nicht mehr nachweisbar war. Das Abmeißeln des vorderen und hinteren Pfannenanteils bestätigte die Ansicht der Verfasser. Außerdem waren REINER und WERNDORFF der Meinung, daß bei verschiedenen Fokusstellungen jeweils verschiedene Anteile der Fossa acetabuli zur Darstellung kämen und verwiesen abschließend auf die Möglichkeit, aus Veränderungen der Tränenfigur Rückschlüsse auf Veränderungen im Pfannenbereich ziehen zu können.

HORVATH (1908) stellte anhand von Nadelkopf- und Drahtmarkierungen, sowie Ausmeißeln des Recessus acetabuli fest, daß der laterale Tränenschenkel und der untere Bogen im Bereich des Recessus acetabuli liegen müßten. Nach Abmeißeln der Beckenwand zwischen Incisura ischiadica major und Spina ischiadica dorsal der Gelenkpfanne kam der Autor zu dem Schluß, daß hier der obere Teil des medialen Schenkels zu suchen sei, während er an anderer Stelle ausführte, daß der mediale Schenkel in der Seitenwand des kleinen Beckens, zu zwei Dritteln in Höhe der Fossa acetabuli, läge. Der untere Bogen der Tränenfigur entspricht auch nach HORVATH der Stelle, an der die Fossa acetabuli

nach medial zum kleinen Becken umbiegt.

Abschließend betonte der Verfasser die Wichtigkeit der Röntgenuntersuchung des Hüftgelenks bei erworbenen und angeborenen Hüftgelenkserkrankungen und deren Verlaufsbeobachtungen unter Hinzuziehung der Tränenfigur sowie die Bestimmung der Pfannenbodendicke.

KÖHLER (1909) erläuterte die einzelnen Teile der Tränenfigur anhand von Skizzen, Knochenpräparaten, Röntgenogrammen derselben, Sägeschnitten und Röntgenbildern von Lebenden und verwies auf seine eigenen Ergebnisse (KÖHLER (1905)).

BRENTRUP (1943) beobachtete bei Untersuchungen zur Protrusio acetabuli eine Kreuzung der Tränenschenkel und stellte fest, daß auch bei Schrägaufnahmen Kreuzungsphänomene auftreten könnten, und daß der laterale Schenkel die Projektion des Pfannenbodens sei.

Auch IMHÄUSER (1952) stellte eine charakteristische Veränderung der Tränenfigur bei der Protrusio acetabuli fest. Er unterschied drei Typen von Tränenfiguren: die offene, die berührende und die kreuzende Tränenfigur. Er ging nicht näher auf die Lokalisation der einzelnen Schenkel ein. Wie schon KÖHLER (1905) und BRENTRUP (1943), beobachtete IMHÄUSER eine Überschneidung der Tränenfigurschenkel bei asymmetrischer Lagerung des Beckens. Ferner stellte er fest, daß eine Kippung nach ventral und dorsal ohne Einfluß auf die Konfiguration bliebe und daß seichte Pfannen einen relativ dicken Boden hätten, wobei die Schenkel der Figur offen blieben. Dagegen berührten sich die Schenkel der äußeren Pfannenbegrenzung und der Beckeninnenseitenfläche, während sie sich bei der Protrusio acetabuli erheblich überschnitten.

SCHINZ et al. (1952) stellten lediglich fest, daß die Köhler'sche Tränenfigur den Begrenzungslinien des Pfannenbodens entspräche.

IMHÄUSER (1958) kam zu dem Schluß, daß die Tränenfigurschenkel durch Drehungen zur Seite und in der Sagittalebene geändert werden könnten. Er bezeichnete den lateralen Schenkel als Projektion des Pfannengrundes und den medialen Schenkel als Projektion der Wand des kleinen Beckens. Normalerweise bildeten die Tränenfigurschenkel ein langgezogenes U, welches bei der Protrusio acetabuli zu einer dem Notenschlüssel ähnlichen Figur würde. Die Tränenfigur könne verschwinden. Ferner wies der Autor anhand eigener Untersuchungen darauf hin, daß bei Normalprojektion physiologischerweise eine Berührung oder Kreuzung der Tränenschenkel in einem bei Männern und Frauen unterschiedlichen Prozentsatz vorkäme.

GRASHEY und BIRKNER (1964) beschrieben den medialen Tränenschenkel als Beckenwandbegrenzung des Corpus ossis ischii und bezeichneten diesen als nicht zur Tränenfigur zugehörig. Auf den lateralen Schenkel und den unteren Bogen wurde im einzelnen nicht eingegangen. An anderer Stelle stellten die Verfasser fest, daß die Tränenfigur vom Pecten ossis pubis scheinbar der Länge nach durchschnitten würde.

IMHÄUSER (1965) wies lediglich darauf hin, daß eine Überkreuzung der Tränenfigurschenkel bei Frauen häufiger als bei Männern vorkäme.

LETOURNEL (1966) stellte fest, daß die ilio-ischiadische Linie (der mediale Schenkel) die sagittale Projektion des beckenseitigen Pfannengrundes sei. Diese Linie berühre oder durchlaufe normalerweise die Tränenfigur. Aus dem Röntgenbild der reinen dorsalen

Pfeilerfraktur zog LETOURNEL den Schluß, daß die Tränenfigur erhalten bleibe, während der mediale Schenkel nach medial verlagert werde. Umgekehrt lokalisierte der Verfasser anhand des Bildes der ventralen Pfeilerfraktur die Tränenfigur vor den hinteren Pfannenrand und den medialen Schenkel. Als Tränenfigur wurden lediglich der untere Bogen und die gerade nach cranial ansteigenden Schenkel bezeichnet.

PEIC (1967) deutete an, daß im Falle einer normalen Entwicklung des Hüftgelenks, im Gegensatz zur Dysplasie, die Tränenfigurschenkel eng blieben.

KÖHLER und ZIMMER (1967) beschrieben die Tränenfigur als in der Tiefe des Pfannengrundes vorkommende Linien und teilten sie in eine kleine Bogenlinie, eine mediale, sehr lange und fast gerade Linie und eine dritte, die die Pfannenhöhlung einschließlich der Projektion der Fossa acetabuli darstellt.

THOMAS (1969) zitierte im wesentlichen die von PEIC (1967) vorgelegten Untersuchungsergebnisse.

PEIC (1970) beschäftigte sich ausführlicher mit der Tränenfigur des Normalen, indem er sie u.a. mit Luxationsbecken verglich. Zum lateralen Tränenschenkel stellte er fest, daß die Corticalis der Fossa acetabuli das röntgenologische Substrat bilde. Diese Linie, die PEIC mit einem flüssigen Kontrastmittel markierte, sei mehr ventral vom medialen Schenkel gelegen, welcher von der inneren Kante der Spina ossis ischii gebildet werde. Durch Entfernen des Os ischii vom Os ilium kam PEIC zu dem Schluß, daß lateraler und medialer Schenkel im Os ischii enthalten sein müßten. Durch Abtrennen der Fossa acetabuli vom übrigen Os ischii bewies er, daß

die Tränenfigur an zwei in unterschiedlichen frontalen Ebenen liegende Anteile gebunden war.

Des weiteren beschrieb PEIC, daß durch Fokusverschiebungen, wie auch durch Beckenkippung eine Kreuzung der Tränenschenkel erreicht werden könne. Er wies auf die diagnostische und prognostische Bedeutung der Tränenfigur bei der angeborenen Hüftluxation hin, indem er sagte, daß "nur bei regelrechter funktioneller Beanspruchung und Ausreifung des Hüftgelenks die Tränenfigur im Röntgenbild zur Darstellung kommt, und daß ihr Fehlen bei guter Aufnahmetechnik eine Fehlfunktion anzeigt." Während der Luxationsbehandlung könne man an dem Aussehen der Tränenfigur den Therapieerfolg ablesen. PEIC (1971) untermauerte seine Ergebnisse durch Untersuchungen mit dem Bildwandler, mit Nadelmarkierungen, Kontrastmitteln und durch Entfernen von Beckenteilen. Er stellte zunächst fest, daß der mediale Tränenschenkel in Höhe der hinteren Pfannenrandbegrenzung liege. Bei Verschiebung des Röntgenröhrenfokus nach lateral wandere der mediale Schenkel ebenfalls nach lateral.

Nach Entfernung der die Fossa acetabuli bildenden Knochen nehme die Intensität des medialen Schenkels ab, bleibe jedoch noch gut erkennbar, welches die vorhergehenden Beobachtungen unterstrich. Die Projektionslinie des lateralen Schenkels liege etwa in der Mitte des Acetabulums, in der Fossa acetabuli.

Für den unteren Bogen gab PEIC übereinstimmende Untersuchungsergebnisse mit KÖHLER (1905) an. Er betonte weiter, daß die die Tränenschenkel bildenden Knochenstrukturen in verschiedenen Frontalebenen lägen, und daß bisher keine hinreichenden Untersuchungen über die verschiedenen Sagittalebenen, in denen die Knochen-

flächen liegen, existierten. Die Entfernung der Tränenschenkel voneinander entspreche der Pfannenbodendicke, wobei der mediale Tränenschenkel in der gleichen Sagittalebene hinter der Pfannenhöhlung liege. Bei Anheben der Gegenseite werde die Tränenfigur breiter, diejenige der angehobenen Seite schmaler. Bei stärkerer Drehung zur Seite verschwinde die Tränenfigur.

COCCHI et al.(1971) kamen zu der Auffassung, daß die Köhler'sche Tränenfigur eine kleine Bogenlinie in der Tiefe des Hüftgelenks sei, welche durch die Begrenzungen der Pfannenkontur gebildet werde.

RAVELLI (1975) ging bei seinen röntgenologischen Untersuchungen der Hüftpfanne nicht auf die Tränenfigur und deren Bedeutung ein.

C Material und Methode

Für die Untersuchungen wurden vier mazerierte Beckenhälften von Männern und Frauen zwischen 70 und 71 Jahren ohne äußerlich erkennbare Knochenerkrankungen verwandt. Von einem Teil der Becken wurden Übersichtsaufnahmen gemacht, ein anderer Teil diente den Schnittuntersuchungen. Es wurde jeweils nur die rechte Beckenhälfte untersucht, um die Ergebnisse besser vergleichen zu können.

Mit Hilfe eines für die Untersuchungen konstruierten Gestells, wurden die darin eingeklemmten Beckenhälften in verschiedenen Stellungen geröntgt.

Das Gestell (Bild 2) bestand aus einer eisernen Grundplatte von 10 x 17,5 cm, in deren eine Hälfte eine 38 cm lange und 1 cm starke Eisenstange senkrecht eingeschraubt war. An dieser Stange war eine nach oben und unten verschiebbare Schraubklemme befestigt, die wiederum das Einklemmen eines Laborglashalters im rechten Winkel zur Senkrechten gestattete. Der Laborglashalter selbst war in zwei Ebenen drehbar und konnte in jeder Stellung fixiert werden. Durch zwei senkrecht zueinander stehenden, an den Drehpunkten der Achsen angebrachten Kupferscheiben mit Gradeinteilung, konnte, ausgehend von der Normalstellung des Beckens, eine Drehung um jeweils 5° in zwei Ebenen vorgenommen werden. Die Branchen des Laborglashalters dienten zum Fixieren der Beckenhälften. Die Hüftpfannen wurden mit und ohne Hüftkopf geröntgt, wobei ein Teil des Os ischii, des Os ilium und des Os pubis wegen des Filmformats nicht zur Darstellung kamen.

Für die Übersichts- und Knochenschnittaufnahmen standen das Röntgengerät Radifluor 120 der Firma Philips und der Röntgenfilm Strukturix D_2P der Firma Agfa Gevaert zur Verfügung. Der Abstand der Röntgenröhre zur Filmebene betrug 60 cm. Für die Übersichtsaufnahmen wurde eine Belichtung von 70 KV, 5 mA und 6 Min. gewählt, für die Knochenschnitte eine Belichtung von 40 KV, 5 mA und 2 Min. Diese Belichtungsdaten erschienen hinsichtlich Kontrast, Schärfe, Auflösung und Wiedergabe von Grautönen optimal.

Ausgehend von der Normalstellung, wie sie bei normalen Becken-Übersichtsaufnahmen am liegenden Patienten in Rückenlage und mit geschlossenen Füßen angefertigt werden, wobei der Röntgenröhrenfokus etwa 3 cm oberhalb der Symphyse steht, wurden zunächst 3 Übersichtsserien angefertigt:

Serie I: Seitliche Drehung nach medial und lateral bis jeweils 45° mit Einzelabständen von 5° ohne Hüftkopf (Bild 3).

Serie II: Seitliche Drehung nach medial und lateral bis jeweils 45° mit Einzelabständen von 5° mit Hüftkopf.

Serie III: Sagittale Kippung nach ventral bis 45° und dorsal bis 40° (Bild 4).

Dann wurden Sägeschnitte aus dem genannten Beckenbereich angefertigt. Hierzu wurde in eine Beckenhälfte nach Einspannen in das Drehgestell in Normalstellung eine Nadel eingeschlagen, welche genau parallel zum Strahlengang stand. Der gleiche Vorgang wurde für die Knochenschnitte bei seitlicher Drehung an zwei anderen Becken-

hälften wiederholt:

Serie IV: Schnitte bei Normalstellung in der Frontalebene.

Serie V: Schnitte bei medialer Drehung von 25° (siehe Übersichtsdrehung Bild I/16).

Serie VI: Schnitte bei lateraler Drehung von 30° (siehe Übersichtsdrehung Bild I/7).

Die Knochenschnitte wurden mit Hilfe einer Bandsäge in der Weise angefertigt, daß die Nadelrichtung jeweils senkrecht zur Schnittrichtung verlief. Die Sägeblattdicke betrug etwa 0,9 mm bei den Schrägschnitten und etwa 0,5 mm bei den Frontalschnitten. Die Dicke der Frontalschnitte lag etwa bei 2 mm, die der Schrägschnitte zwischen 1,5 und 2 mm. Schnittebenen, die bei der Darstellung der Tränenfigurschenkel keinen Anteil hatten, wurden nicht beurteilt.

Zur Herstellung der Positive wurden zunächst im Kontaktverfahren Negative von den Röntgenfilmen hergestellt. Der hierzu verwandte Planfilm Agfapan 100 Professional im Format 9 x 12 cm wurde mit dem Agfa-Negativentwickler Rodinal in einer Verdünnung von 1 : 100 in der Entwicklungsschale bei wenig Bewegung entwickelt. Im Kontaktverfahren wurden dann die Positive auf Agfa-Papier B N 1 angefertigt. Die Entwicklerflüssigkeit wurde nach dem Ansatz Agfa 100 Normal-Entwickler, nach Vorschrift der Broschüre der Firma Agfa "Photo-Papiere und ihre Verarbeitung" von Dr. Walter Hornung, Ausgabe Dez. 1965, hergestellt.

D Untersuchungsergebnisse

Serie I Seitliche Drehung nach medial und lateral bis jeweils 45° mit Einzelabständen von 5° ohne Hüftkopf.

a) Beschreibung:

Ausgehend von der Normalstellung (Bild I/1) ist zu beobachten, wie die Tränenfigur bei der Drehung nach lateral zunächst etwas breiter wird, d. h. in diesem Fall von 2,5 auf 3,5 mm bei einer Drehung um 5° (Bild I/2). Bei einer Drehung von 10° wird sie wieder schmaler (Bild I/3), außerdem tritt die Spina ischiadica deutlich aus dem Schatten des Ramus superior ossis pubis und zeigt ihre so oft beschriebene Streifenzeichnung. Gleichzeitig fällt auf, daß sich der mediale Schenkel, der bei einer Drehung von 5° noch nahe an die Incisura ischiadica major und bis unterhalb des unteren Bogens der Tränenfigur reichte, verkürzt hat. Der caudale Teil teilt sich jetzt deutlich in eine in das Os ischii weiterziehende und eine in das Os pubis übergehende Komponente. Der zu Anfang halbkreisförmige, craniale Anfangsteil des lateralen Tränenschenkels ist flacher geworden und berührt bei 20° lateraler Drehung den medialen Schenkel. Bei 25° überkreuzen sich beide Schenkel erstmals, wobei die in das Os pubis ziehende mediale Komponente dominiert. Jetzt fällt auch der zunehmend kontrastreicher werdende dorsale Teil der Facies lunata ins Auge. Der untere Bogen des lateralen Schenkels ist noch deutlich erkennbar. Os pubis und Os ischii decken sich weitgehend. Bei 30° lateraler Drehung (Bild I/7) ist der laterale Schenkel gerade noch gut sichtbar, der mediale Schenkel weitgehend vom Os pubis übernommen. Bei 35° (Bild I/8) blickt

man bereits von medial durch das Foramen obturatum; Reste des lateralen Schenkels sind erhalten.

Bei 40° und 45° blickt man von medial durch die Fossa acetabuli, deren dünne Spongiosa kaum Kontrast bietet (Bild I/9 und I/10). Der dorsale Teil der Facies lunata wird tangential vom Röntgenstrahl berührt und stellt sich als Halbkreis dar. Die Spina ischiadica wird senkrecht von den Röntgenstrahlen getroffen. Die Incisura ischiadica major ist in ihrer größten Ausdehnung dargestellt.

Als Ausgangspunkt für die Drehungen nach medial dient wieder die Aufnahme in Normalstellung (Bild I/1). Schon bei der Drehung um 5° kreuzt der mediale Schenkel den unteren Bogen der Tränenfigur. Dieser verblaßt nach kurzem cranialen Verlauf. Der obere Anteil beider Tränenfigurschenkel ist dicht zusammengerückt. Es fällt auf, daß die Zeichnung des medialen Schenkels ziemlich kontrastreich und gut abgrenzbar ist. Diese markante Darstellung kommt zwar auch auf der um 10° gedrehten Aufnahme (Bild I/13) heraus, der Strich ist hier aber etwas kürzer und läßt sich nicht mehr bis zum Ramus ossis ischii verfolgen. Die Spina ischiadica hebt sich gerade noch medial vom medialen Tränenschenkel ab. Lateraler Schenkel und unterer Bogen kommen angelhakenförmig zur Darstellung. Medialer und lateraler Schenkel berühren sich.

Bei 15° medialer Drehung (Bild I/14) findet eine Überkreuzung der Tränenfigurschenkel im oberen Anteil statt. Gleichzeitig kommt jetzt noch deutlicher als vorher ein nach medial offener Halbkreis zur Darstellung, der lateral vom unteren Tränenfigurbogen liegt.

Auf diesen Bogen soll bei der Beurteilung und Diskussion eingegangen werden. Er hängt nicht mit der Tränenfigur zusammen.

Bei 20° und 25° medialer Drehung (Bild I/15 und I/16) verkürzt sich der jetzt lateral von dem lateralen Schenkel liegende mediale Schenkel zunehmend, während der laterale Schenkel mit dem unteren Bogen fast das gleiche gewohnte Bild bietet. Wir blicken jetzt von lateral in die Gelenkpfanne mit der Fossa acetabuli.

Bei 30° Drehung nach medial (Bild I/17) wird der ehemals mediale Schenkel zunehmend schmaler, während der laterale Schenkel nicht mehr mit dem cranialen Anteil in Verbindung steht. Diese Drehung ist als letzte sichere Darstellung des lateralen Tränenschenkels einschließlich des unteren Bogens zu betrachten.

Als feine, ca. 2 cm lange Linie in Projektion auf den dorsalen Anteil der Facies lunata, stellt sich bei 35° und 40° medialer Drehung (Bild I/18 und I/19) gerade noch der mediale Schenkel dar. Er tritt hier mit der Fortsetzung der vorbeschriebenen, lateral vom lateralen Schenkel gelegenen, halbkreisförmigen Linie cranial zusammen.

Der vordere Anteil der Facies lunata wird tangential von den Röntgenstrahlen berührt, der hintere Anteil etwa senkrecht dazu von ihnen getroffen. Der obere, vordere Anteil der Fossa acetabuli ist vom Vorderrand der Gelenkpfanne bedeckt. Os pubis und Os ischii stehen senkrecht zur Strahlenrichtung.

b) Beurteilung:

Bei den Drehungen fällt auf, daß beide Tränenschenkel dynamisch veränderbar, d. h. räumlich gegeneinander verschiebbar sind, denn es kommt sowohl bei der lateralen als auch bei der medialen Drehung zu Kreuzungsphänomenen. Wären die für die Darstellung der Tränenschenkel verantwortlichen Corticalisanteile ortsgebunden, so entstünde die Kreuzungsfigur nur bei Drehung in einer Richtung, vorausgesetzt sie lägen in verschiedenen Ebenen.

Zunächst sollen die Bilder bei lateraler Drehung betrachtet werden. Die Verbreiterung der Tränenfigur in Bild I/2 bedeutet, daß sich die vorher in verschiedenen Frontalebenen befindlichen, für die Darstellung verantwortlichen Corticalisbereiche einander genähert haben müssen. Das anatomische Substrat des medialen Schenkels wandert mehr nach ventral, das des lateralen Schenkels entsprechend der Krümmung der Fossa acetabuli, mehr nach dorsal. Bei weiterer lateraler Drehung laufen die Ebenen beider Tränenfigurschenkel sozusagen aneinander vorbei. Während die Tränenfigur wieder schmaler wird, was bedeutet, daß sich die dargestellten Corticalisanteile wieder voneinander entfernt haben, kommt der Ramus superior ossis pubis mehr und mehr als linienbildendes Element zur Darstellung und somit ein noch weiter ventral gelegener Bereich.

Die Spina ischiadica wird demgegenüber in zunehmendem Maße senkrecht von den Röntgenstrahlen getroffen, desgleichen die ventral von ihr gelegenen medialen Beckenwandanteile. Diese fallen somit als linienbildende Elemente fort.

Übertragen auf den lateralen Tränenschenkel gilt, daß bei zunehmender lateraler Drehung immer weiter dorsal gelegene Anteile der Fossa acetabuli zur Darstellung kommen. Entsprechend des geringeren Krümmungsradius, durchläuft der laterale Schenkel nur eine kurze Strecke nach dorsal. So kommt es, daß im Bild I/7 (30° lateraler Drehung) und im Bild I/8 (35° lateraler Drehung) der obere Teil des lateralen Tränenschenkels ziemlich nahe an den sich jetzt scharf abbildenden hinteren Teil der Facies lunata zu liegen kommt. Im Bild I/9 kann man infolgedessen keinen lateralen Schenkel mehr erkennen.

Bei der jetzt zu besprechenden Drehung nach medial läßt sich das Projektionsgesetz (KÖHLER (1905)) ebenso elegant darstellen. In Bild I/12 (5° medialer Drehung) kommt es bereits zu einem Schmalerwerden der Tränenfigur und zur Kreuzung der Schenkel. Das bedeutet, daß hier ein ziemlich langes, flachbogiges Stück Corticalis tangential von den Strahlen berührt wird und daß sich der mediale Schenkel relativ schnell von dem lateralen entfernt. Wenn vorhin gesagt wurde, daß wegen der zweimaligen Kreuzung der Tränenfigurschenkel diese aneinander vorbeigleiten müssen, würde dies bedeuten, daß sich der mediale Schenkel jetzt in eine dorsal gelegene Ebene verlagert haben muß. Deutlich wird dieser Vorgang durch die nächsten Bilder I/13 - I/17, entsprechend 10° - 30° medialer Drehung, wo sich die Sagittalebene des medialen Schenkels zunächst schnell und dann immer langsamer von der des lateralen Schenkels nach lateral entfernt.

Die Relativität der Entfernungen ist natürlich zu berücksichtigen; wenn man aber den verhältnismäßig kleinen Krümmungsradius der Fossa

acetabuli betrachtet, sind die seitlichen Exkursionen des lateralen Schenkels zu vernachlässigen.

Bei weiterer Drehung nach medial kommt die Spina ischiadica zunehmend weiter lateral zur Darstellung. Desgleichen wird der mediale Schenkel kürzer und schmaler, entsprechend der etwa dreieckig auslaufenden Spina ischiadica. Der mediale Schenkel läuft also scheinbar in der Spina ischiadica aus und wandert bei der medialen Drehung fortlaufend nach dorsal.

Die Stellung, in der der laterale Tränenschenkel noch gerade gut darzustellen ist, erkennt man in Bild I/17 (30° nach medial gedreht). Dieser Bereich befindet sich entsprechend der an Schärfe zunehmenden Kontur des ventralen Anteils der Facies lunata in deren Nähe. In Bild I/18 (35° nach medial gedreht) geht der laterale Tränenschenkel in die untere Kante des ventralen Teils der Facies lunata über.

Zur Deutung des oben erwähnten, nicht zur Tränenfigur zugehörigen, nach medial offenen Halbkreises lateral vom lateralen unteren Tränenbogen in Bild I/14 ist zu sagen, daß er besonders gut zur Darstellung kommt, wenn sich der Sulcus zwischen Tuber ischiadicum und dem Unterrand des dorsalen Teils der Facies lunata im tangentialen Strahlengang befindet (Bilder I/14 - I/20 entsprechend einer Drehung nach lateral von 15° - 45°). Der Bogen verlängert sich nach medial und cranial in Richtung auf die Spina ischiadica (Bilder I/18 - I/20).

Serie II Seitliche Drehung nach medial und lateral bis jeweils 45° mit Einzelabständen von 5° mit Hüftkopf.

a) Beschreibung

Zum besseren Vergleich mit dem Lebenden wurde die Serie I mit Hüftkopf wiederholt.

Trotz der Überlagerung durch den Hüftkopf und nicht ganz so kontrastreicher Abbildung der Tränenfigur - die natürliche Variationsbreite wurde von früheren Autoren oft dokumentiert - erkennt man die wesentliche Linienführung bei lateraler und medialer Drehung.

Zunächst kann man wieder eine, wenn auch geringere, Verbreiterung der Tränenfigur beobachten. Hier liegt das Maximum bei Bild II/2 und II/3 (entsprechend einer Drehung von 5° und 10° nach lateral). Danach rücken die Tränenfigurschenkel wieder näher zusammen. Im weiteren Verlauf der Drehung ergibt sich wiederum ein Berühren und Kreuzen der Schenkel, wobei der mediale Schenkel deutlich in das Os pubis übergeht (Bild II/6).

Bei der medialen Drehung kommt es wieder schnell zu einer Kreuzung der Schenkel bei 5° (Bild II/12). Bei Bild II/14 decken sich lateraler und medialer Tränenschenkel (mediale Drehung von 15°) und bei Bild II/15 wandert der mediale Schenkel deutlich neben den lateralen Schenkel. Die vorbeschriebene, außerhalb der Tränenfigur liegende, Bogenlinie läßt sich nur mit Mühe auffinden (s. Pfeil in Bild II/15).

b) Beurteilung

Da sich die Verschiebung der Tränenfigurschenkel im wesentlichen mit derjenigen der ersten Serie deckt, erübrigt sich eine Wiederholung der Deutung.

Bezüglich der außerhalb der Tränenfigur gelegenen Bogenlinie ist festzustellen, daß sie sich nicht darstellen läßt, weil zwischen Corticalisverlauf und Strahlengang keine Übereinstimmung besteht.

Serie III Sagittale Kippung nach ventral bis 45° und dorsal bis 40°.

a) Beschreibung

Ausgehend von der Normalstellung, bei der die Spina ischiadica etwa in Projektion auf das Corpus ossis pubis zu finden ist, erkennt man bei einer Kippung des Beckens von 5° nach ventral (Bild III/1), daß die Spina ischiadica nach cranial versetzt ist. Der untere Bogen der Tränenfigur, der bei Normalstellung das Foramen obturatum cranial begrenzt, ist ebenfalls leicht nach cranial verschoben. Auf den Bildern III/2 und III/3 scheint dieser Vorgang fortzuschreiten. Tatsächlich entfernt sich aber nur die Spina ischiadica vom unteren Bogen der Tränenfigur. In weniger starkem Maße wandert auch die hintere untere Pfannenrandbegrenzung, bzw. die nach medial offene, halbkreisförmige Bogenlinie nach cranial. Die Besprechung dieser Linie erfolgte bei Serie I und II.

Auffällig ist außerdem, daß sich das Os pubis in zunehmendem Maße mit dem Tuber ischiadicum deckt und bereits in Bild III/4 (20° Kippung nach ventral) das Foramen obturatum nicht mehr dargestellt ist. Die Tränenfigurschenkel behalten bis zu einer Kippung von 45° nach ventral (Bild III/9) etwa den gleichen Abstand zueinander, während der untere Bogen nur bis zu einer Kippung von 35° (Bild III/7) sicher als Linie zu erkennen ist.

Bei weiterer Kippung (Bild III/8 und III/9) weicht der Strich mehreren aufgefaserten Linien. Der nicht zur Tränenfigur gehörende laterale Bogen endet mit einer nach medio-cranial verlaufenden Linie in Projektion auf die Spina ischiadica. Dieses Phänomen ist bereits

bei einer Kippung von 20° nach ventral (Bild III/4) verfolgbar.

Bei dorsaler Kippung um 5° (Bild III/10) taucht die Spina ischiadica hinter das Os pubis und das Foramen obturatum gewinnt an Größe. Die Tränenfigurschenkel nähern sich. Der mediale Schenkel kreuzt den unteren Bogen, welcher am Oberrand des Foramen obturatum liegt und eindeutig nur bis zu einer dorsalen Kippung von 10° (Bild III/11) verfolgbar ist. Bei weiteren Kippungen nach dorsal ist zwar noch der mediale Schenkel dargestellt, welcher den lateralen Schenkel in der Mitte kreuzt, vom unteren Bogen ist jedoch nur noch der mediale aufsteigende Anteil und ein zarter, nach lateral offener Rest, erkennbar. Eine Verbindung zum lateralen Schenkel besteht nicht mehr. Er begrenzt direkt am Unterrand des Os pubis den oberen Umschlagpunkt des Foramen obturatum.

Der mediale Schenkel ist bis zum Bild III/17 (entsprechend einer dorsalen Kippung von 40°) verfolgbar. Die Spina ischiadica liegt am medialen Rand des Os ischii in Projektion auf das Foramen obturatum. Der mediale Schenkel zieht von dort nach cranial und zerfließt in Projektion auf die Fossa acetabuli. Bei den Bildern III/10, III/14, III/15, III/16 und III/17 sind Teile der Klemmvorrichtung zu sehen.

b) Beurteilung

Bei der ventralen Kippung weicht die Spina ischiadica nach cranial, das Os pubis nach caudal aus, wodurch der untere Bogen der Tränenfigur scheinbar nach cranial mitwandert. Die Erklärung liegt in der Überdeckung des Bogens durch das Os pubis. Der Bogen bildet demnach etwa den Drehpunkt bei der Kippung.

Bei Betrachtung eines mazerierten Beckens fällt auf, daß die craniale Begrenzung des Foramen obturatum nach caudal konkav verläuft. Dadurch erklärt sich, daß der untere Bogen der Tränenfigur bei den folgenden Kippungen nicht sofort verschwindet, sondern bis zu einer Kippung von 35° nach ventral (Bild III/7) dargestellt ist.

Nach dem Projektionsgesetz (KÖHLER (1905)), muß ein jeweils weiter dorsal liegender Teil der cranialen Begrenzung des Foramen obturatum tangential vom Röntgenstrahl berührt werden und somit zur Darstellung kommen.

Da die Stellung des Beckens zur Sagittalebene nicht verändert wird, bleibt der mediale Schenkel relativ konstant nachweisbar. Das gleiche Prinzip gilt für den lateralen Schenkel, dessen anatomisches Substrat, die Corticalis der Fossa acetabuli, nur in der Sagittalebene gedreht wird. Die schnellste Lageveränderung macht also bei dorsoventraler Kippung eine horizontale Corticalisstruktur durch.

Da der untere Bogen nur bei dorsaler Kippung bis zu 10° (Bild III/3) sicher dargestellt ist, muß der dargestellte Bereich bei Normalstellung in der Nähe des Corpus ossis pubis liegen, also im ventralen Anteil der Fossa acetabuli. Bei weiterer Kippung nach dorsal stellen sich daher Teile des Corpus ossis pubis dar. Der Bereich, der caudal der Fossa acetabuli liegt, wird in zunehmendem Maße durchstrahlt und kann somit nicht schattengebend sein. Für den medialen Schenkel gilt prinzipiell das gleiche wie bei ventraler Kippung. Es wird ein ventral von der Spina ischiadica liegender Beckeninnenwandbereich in sagittaler Ebene gedreht, wie auch die Fossa acetabuli. Daher stellen sich die Anteile der Tränenfigur während mehrerer Kippungswinkel dar.

Serie IV Schnitte bei Normalstellung in der Frontalebene.

a) Beschreibung

Um eine Knochenfläche aufzufinden, die parallel zum Strahlengang liegt, muß man in den Schnitten also nach senkrecht durchsägten Corticalisanteilen suchen. Die Schnitte wurden senkrecht zur Strahlenrichtung bei Normalstellung des Beckens gelegt. Der erste Schnitt (Bild IV/1) zeigt caudal den das Foramen obturatum begrenzenden Teil des Ramus superior ossis pubis (Pfeil), weiter cranial den Querschnitt des Corpus ossis pubis mit dem im caudalen Bereich erkennbaren Beginn der Fossa acetabuli und den halbkreisförmigen Bogen des vorderen Anteils der Facies lunata cranial hiervon. Die Ala ossis ischii wurde aus Formatgründen abgeschnitten.

Bild IV/2 zeigt einen Knochenschnitt cranial vom Foramen obturatum. Das Corpus ossis pubis wird schmaler. Der unterste Teil der Facies lunata, sowie ein ca. 2 mm langer Strich der Beckeninnenwand etwas cranial hiervon gelegen, ist scharf begrenzt. Außerdem bildet sich der untere Rand des unteren Bogens scharf ab.

Auf Bild IV/3 dehnt sich der tangential vom Röntgenstrahl berührte Anteil des unteren Bogens nach medial aus, biegt auf den Bildern IV/4 und IV/5 nach cranial um und erreicht eine Länge von ca. 18 mm. Dieser Bereich entspricht dem Sulcus obturatorius, welcher sich zur Hälfte caudal des Ramus superior ossis pubis, von der Beckeninnenwand aus gesehen, befindet. In Bild IV/6 und IV/7 ist die Facies lunata am kontrastreichsten dargestellt.

Die erste scharfe Abbildung des lateralen Tränenschenkels erhält man in Bild IV/7, diejenige des gesamten unteren Bogens, einschließ-

lich des kurzen medialen Schenkels, in Bild IV/8. In Bild IV/7 beobachten wir zugleich die größte und flachbogigste Ausdehnung der Fossa acetabuli. Wie später gezeigt wird, darf dem schmalen, scharf abgebildeten kurzen Schenkel medialer Corticalis bei der Abbildung des eigentlichen medialen Tränenschenkels keine Bedeutung beigemessen werden.

Bei weiterer Schnittlegung nach dorsal (Bilder IV/9, IV/10, IV/11 und IV/12), nimmt die Unschärfe fast aller Corticalisanteile zu. Die einzige, ca. 3 mm scharfe Begrenzung der medialen Beckenwand, liegt in den Bildern IV/10 - IV/12 im oberen Drittel. Man kann die Längenzunahme in den Bildern IV/13 - IV/17 verfolgen, wo sie bereits eine Ausdehnung von ca. 45 mm hat. Die größte Ausdehnung ist in den Bildern IV/18 und IV/19 zu finden. Diese Schnitte befinden sich unmittelbar vor der Incisura ischiadica major, kurz nach Verlassen der Gelenkpfanne.

Zurückkommend auf die in der Gelenkhöhlung liegenden Corticalisanteile verfolgen wir auf den Bildern IV/8 - IV/15 das scheinbare Schrumpfen der Fossa acetabuli, sowie die Zunahme an Unschärfe der Facies lunata. Dieser Vorgang läßt sich auch für die Fossa acetabuli gut verfolgen. Entsprechend der dünneren Corticalis werden sehr geringe Abstufungen, in Bild IV/15 und IV/16, wo sie nur noch als Loch zu sehen ist, schräg angeschnittene Bälkchen dargestellt.

In Bild IV/13 ist gerade der untere dorsale Anteil der Facies lunata dargestellt. Ab Bild IV/20 beobachtet man eine laufende Verkürzung des medialen, scharf abgebildeten Schenkels, entsprechend dem Kürzerwerden der Beckeninnenwand. Ab Bild IV/22 erreichen die

Schnitte die untere Begrenzung des Foramen obturatum, d.h. den Ramus ossis ischii. Dieser ist entsprechend des schrägen Anschnittes unscharf begrenzt. Wenn man den medial scharf abgebildeten Bereich der Corticalis weiter verfolgt, kann man erkennen, daß er zunehmend kürzer wird und bis zum Bild IV/27 im cranialen Drittel auf ca. 20 mm schrumpft. Am caudalen Ende ist das Tuber ischiadicum angeschnitten.

b) Beurteilung

Bei einer Schnittdicke von 2 mm und einer Sägeblattstärke von ca. 0,5 mm, findet man bereits nach ca. 17 mm dorsal vom ersten Anschnitt den Corticalisbereich des lateralen Tränenschenkels, der tangential vom Röntgenstrahl berührt wird. Er liegt in der ventralen Hälfte der Fossa acetabuli, dort, wo ihre größte Ausdehnung nach cranial besteht. Der untere Bogen erstreckt sich demnach von Beginn der Fossa acetabuli (erster Anschnitt) ca. 15 mm nach dorsal (Bild 5). Der Bereich der größten Abbildungsschärfe ist bei gekrümmten Flächen mit einer größeren Corticalisdicke nicht genau festzustellen. Bei der geringen Dicke der Corticalis der Fossa acetabuli kann man ihn jedoch genauer bestimmen, als im Bereich der Beckeninnenwand.

Der vorbeschriebene mediale Corticalisbereich des Sulcus obturatorius caudal des Ramus superior ossis pubis fällt zwar in die Strahlenrichtung, spielt aber wegen der dünnen Corticalis im normalen Übersichtsbild keine wesentliche linienbildende Rolle. Außerdem liegt er nicht in der Sagittalebene des medialen Tränenschenkels. Dies ergibt sich aus der Unschärfe der Corticalis bei weiteren

Schnitten nach dorsal. Die Beckeninnenwand verläuft zunächst leicht gekrümmt nach lateral und danach bogenförmig nach medial in Richtung auf die Spina ischiadica. Dementsprechend findet man ab Bild IV/10 den Beginn des Corticalisbereichs der Beckeninnenwand, der zur Darstellung des medialen Schenkels führt, in Höhe des Tuberculum obturatorium posterius im mittleren Drittel. Er ist hier 3 mm lang und erreicht innerhalb von weiteren 20 mm Tiefe mit ca. 70 mm die größte vertikale Ausdehnung, genau dorsal der dorsalen Gelenkfläche. Räumlich gesehen liegt die Frontalebene des medialen Tränenschenkels in einem Abstand von 46 mm zur Ebene des Beginns der Fossa acetabuli. 15 mm weiter dorsal ist der oben genannte Corticalisbereich bereits wieder auf 15 mm in vertikaler Richtung geschrumpft und befindet sich jetzt im oberen Drittel der medialen Beckeninnenfläche. Alle auf den Röntgenaufnahmen der Schnitte scharf abgebildeten Bezirke befinden sich auf einer etwa rautenförmigen Fläche der Beckeninnenwand (Bild 6).

Der craniale Abschnitt der letzten Schnittbilder endet schließlich in der Spina ischiadica. Unterhalb derselben läuft der mediale Tränenschenkel in Richtung auf das Tuber ischiadicum spitzwinklig aus. Die Frontalebenen der tangential vom Röntgenstrahl berührten Corticalisanteile des medialen und lateralen Tränenschenkels haben also in der Normalprojektion eine Entfernung von ca. 30 mm voneinander senkrecht zur Strahlenrichtung. Hierbei hat der untere Bogen zwar eine gemeinsame Ebene mit dem lateralen Schenkel, erstreckt sich aber von hier als caudalster Anteil noch ca. 15 mm nach ventral.

Serie V Schnitte bei medialer Drehung von 25°
(s. Übersichtsdrehung Bild I/16)

a) Beschreibung

Das Becken wurde in einer Stellung geschnitten, in der der laterale Tränenschenkel im Röntgenbild noch eine zusammenhängende Linie mit dem unteren Bogen bildet. Ein Teil des Tuberculum pubicum und der Ala ossis ilii sind abgeschnitten.

Der erste Schnitt läuft durch das Corpus ossis pubis, den caudalen und ventralen Anteil der Fossa acetabuli und den ventralen Bereich der Facies lunata, d. h. etwa quer durch die Eminentia iliopectinea. Cranio-lateral erkennt man die nach lateral weisende obere Hüftpfannenbegrenzung. Entsprechend der schräg durchsägten Corticalis, besonders im Bereich des Os pubis einschließlich der Eminentia iliopectinea, sieht man nur eine unscharfe Begrenzung der Corticalis. In Bild V/2 und V/3 wird der Corticalisbereich, der von der Incisura acetabuli zur medialen Beckenwand abbiegt, etwas schärfer, während der gegenüberliegende Teil des Os pubis noch unscharf begrenzt ist. Auch der cranial liegende Bereich der Facies lunata zeigt keine scharfe Begrenzung.

In Bild V/4 ist das Os pubis erstmals abgetrennt. Der untere Bogen hat erheblich an Schärfe gewonnen, ist mehr nach caudal ausgezogen und die zarte Corticalis der Fossa acetabuli ist länger geworden. Während in Bild V/4 der laterale Teil des Bogens am schärfsten ist, sehen wir in Bild V/5 den unteren Teil am schärfsten abgebildet. Der mediale Bereich, welcher der Beckeninnenwand zuzurechnen ist, erscheint breit und unscharf, entsprechend der Schräge der Schnitt-

führung. In Bild V/6 und V/7 erkennt man eine deutliche Längenzunahme des unteren Bogens. Der laterale Schenkel ist in den oberen zwei Dritteln scharf abgebildet, der mediale kurze Schenkel des unteren Bogens ebenfalls. Die Facies lunata erreicht in Bild V/6 die größte Schärfe, welche in den Bildern V/7 und V/8 wieder nachläßt. In Bild V/8, V/9 und V/10 beginnt der untere Bogen zusammen mit dem lateralen Schenkel breiter zu werden, wie auch die beckenseitige Begrenzung des Pfannenbodens. Desgleichen wird die Corticalis der Facies lunata breiter und unschärfer. Die Fossa acetabuli erreicht in Bild V/11 die scheinbar größte Ausdehnung.

In Bild V/12 wird der hintere Anteil der Facies lunata erstmals im caudalen Bereich angeschnitten. Erwähnenswert ist außerdem ein tiefer Einschnitt zwischen Fossa acetabuli und Facies lunata, der einen Gefäßkanal im ischialen Anteil der Pfanne darstellt, wie sie RAVELLI (1975) beschrieb.

Die Pfannenhöhlung wird auf diesem und den folgenden Bildern V/13, V/14 und V/16 scheinbar kleiner, da wir uns dem dorsalen Bereich der Pfannenhöhlung nähern. Ebenso verkleinert sich die Fossa acetabuli bis auf einen Kreis in Bild V/16. Die Beckeninnenwand ist zwar immer noch schräg angeschnitten, sie stellt sich aber bereits als überwiegend kräftige, gerade Linie dar. In Bild V/16 wird der Ramus ossis ischii angeschnitten, der in diesem Bereich in das Corpus ossis ischii übergeht. Bild V/17 stellt eine Schnittebene dorsal der Gelenkhöhle dar. Der mediale Schenkel nimmt an Schärfe zu. Die größte Schärfe und folglich die geringste Breite hat die Corticalis des medialen Schenkels in Bild V/19. Die schnelle Zunahme an Schärfe ist bemerkenswert.

b) Beurteilung

Bei der Schnittführung von ventral nach dorsal, finden wir bereits in Bild V/4 und V/5 im Bereich des lateralen, bzw. des caudalen Anteils des Tränenfigurbogens die kontrastreichste und schärfste Abbildung. In Bild V/6 finden wir den medialen Anteil des unteren Bogens am schärfsten abgebildet. Das beweist, daß bei einer Drehung des Beckens um 25° nach medial der ventrale Anteil der Fossa acetabuli sowie die dazugehörige Begrenzung des Foramen obturatum tangential von den Röntgenstrahlen berührt und somit linienbildend werden. Mit anderen Worten bedeutet dies, daß der laterale Schenkel und der untere Bogen der Tränenfigur bei dieser Drehung im ventralen Bereich der Gelenkpfanne zu finden sind.

Bei einer Schnittdicke von 1,5 bis 2 mm, wobei ca. 1 mm durch den Sägevorgang abzurechnen sind, ist der den lateralen Tränenschenkel darstellende Corticalisbereich etwa in einer Entfernung von 7 bis 10 mm, in einer durch den Vorderrand der Gelenkpfanne gedachten, senkrecht zum Strahlengang liegenden, Ebene zu finden. Den entsprechenden Corticalisbereich des medialen Tränenfigurschenkels finden wir erst in den Abbildungen weiter dorsal gelegener Schnitte in größter vertikaler Ausdehnung.

Etwa 6 mm hinter der Corticalis des dorsalen Anteils der Facies lunata wird die mediale Beckenwand tangential vom Röntgenstrahl berührt, etwa 20 - 25 mm von der Schnittebene der Spina ischiadica entfernt. Entsprechend der Übersichtsaufnahme I/16 wird im Knochenschnitt V/19 vorwiegend der mittlere Bereich scharf abgebildet. Der mediale Schenkel der Tränenfigur liegt bei dieser Drehung also deutlich dorsal der Pfannenhöhlung, im Gegensatz zu den Frontalschnitten, wo der Corticalisbereich, der den medialen Schenkel darstellt,

unmittelbar dorsal der Gelenkhöhlung in größter Ausdehnung zu finden war. Medialer und lateraler Schenkel sind also räumlich am weitesten voneinander entfernt, etwa 50 - 55 mm. Die relativ schnelle Schärfenzunahme des medialen Schenkels von ventral nach dorsal ist auf den kleineren Bogenradius in Nähe der Spina ischiadica zurückzuführen, während der ventral von ihr befindliche Beckenwandbereich einen wesentlich flacheren Bogen beschreibt.

Serie VI **Schnitte bei lateraler Drehung von 30°**
(siehe Übersichtsdrehung Bild I/7)

a) Beschreibung

Der erste Schnitt (Bild VI/1) verläuft parallel zum ventralen Anteil der Facies lunata, welcher gerade halbmondförmig angeschnitten ist. Basal ist das Corpus ossis pubis zu sehen. Der hier zu beobachtende Defekt ist aufgrund der überaus zarten Corticalis in diesem Bereich beim Sägen entstanden.

Man kann keine scharfe Berandung irgendeines Corticalisteiles feststellen. Bild VI/2, das den größten Teil des unteren Bogens enthält, läßt eine nahezu völlig scharfe Abbildung erkennen. Zusätzlich findet man den beckeninnenseitigen, nach cranial aufsteigenden, Corticalisschenkel cranial von einem kleinen Corticalisvorsprung 15 mm lang scharf dargestellt. Der Corticalisvorsprung kennzeichnet die Grenze zwischen Sulcus obturatorius und Beckeninnenwand. In Bild VI/3 liegen etwa die gleichen Anteile parallel zum Strahlengang. Die Fossa acetabuli, die jetzt angeschnitten ist, zeigt wie die Facies lunata cranial einen unscharfen Rand. In Bild VI/4 ist ein Rest des mittleren Teils des unteren Bogens kontrastreich abgebildet. In Bild VI/5 sind alle Corticalisanteile, außer dem oberen Pfannenrand, unscharf. Die Fossa acetabuli hat an Ausdehnung zugenommen. Die größte Ausdehnung wird auf den Bildern VI/6, VI/7, VI/8 und VI/9 gemessen. Ab Bild VI/8 nimmt die Schärfe im Bereich der Fossa acetabuli und der Facies lunata bemerkenswert zu und erreicht in Bild VI/9 bezüglich der Fossa acetabuli den größten Kontrast. Hier kann man sogar die Havers'schen Kanälchen erkennen, welches eine absolut senkrecht zur Schnittfläche verlaufende Strahlenrichtung beweist. Die Facies lunata findet man in Bild VI/12 und VI/13 am kontrastreichsten abgebildet.

Der mediale Schenkel hat ab Bild VI/6 fortlaufend an Unschärfe zugenommen und ist breiter geworden; desgleichen beobachten wir ab Bild VI/10 eine zunehmend verwaschene Kontur im Bereich der Fossa acetabuli. Die mediale Beckenwandbegrenzung läuft caudal in einem spitzen Grat aus, welcher bereits in Bild VI/9 zu erkennen ist. Dieser Grat entspricht dem Tuberculum obturatorium posterius. In Bild VI/11 wird der dorsale Anteil der Facies lunata caudal angeschnitten.

b) Beurteilung

In dieser Schnittserie findet man eine räumliche Dissoziation aller drei Tränenfiguranteile. Während der untere Bogen von Bild VI/2 bis Bild VI/4 von den Röntgenstrahlen tangential berührt wird, d. h. bis einschließlich 9 mm nach Beginn der Pfannenhöhlung, kommt der laterale Tränenschenkel erst auf den Schnitten in einer Tiefe von ca. 22 mm zwischen Tuberculum obturatorium posterius und Beginn des dorsobasalen Teils der Facies lunata sicher zur Abbildung. Der untere Bogen kann wegen der schräg nach caudal verlaufenden Incisura acetabuli etwa ab deren Mitte nicht mehr zur Abbildung gelangen.

Der laterale Tränenschenkel liegt bei dieser Drehung also kurz vor dem dorsobasalen Rand der Facies lunata, ganz in Nähe des Tuberculum obturatorium posterius. Bezüglich des medialen Schenkels können wir den entsprechenden linienbildenden Corticalisbereich lediglich auf einer Strecke von ca. 5 bis 6 mm dorsal vom Ramus superior ossis pubis, kurz hinter dem Sulcus obturatorius verfolgen. Dieser liegt gegenüber dem cranialen Anteil der Fossa acetabuli. Nach ventral zu kommt lediglich noch die Innenfläche des Ramus superior ossis pubis

zur Darstellung und wird, da sie dominiert, für den am weitesten ventral liegenden Teil des medialen Tränenschenkels angesehen. In den Übersichtsbildern bei lateraler Drehung besteht ja ein fließender Übergang von der Beckeninnenwand zum Os pubis mit einer deutlichen Aufteilung nach caudal in Bild I/3 und I/4.

E Diskussion

1. Wie entsteht die Tränenfigur?

Die ersten Untersuchungsergebnisse WOLFFs (1896) und LUDLOFFs (1902) wurden entscheidend durch die damalige Röntgentechnik beeinflußt. Durch die nachfolgenden Untersuchungen, einschließlich der hier vorgelegten, wurden andere Ergebnisse erzielt. Von beiden Autoren wurden keinerlei Versuche zur Lokalisation der gesehenen Linien unternommen. LUDLOFF, der sich über die Tränenfigur als Ganzem äußerte, hielt sie für den knöchernen Pfannenrand. Wie später KÖHLER (1905), REINER und WERNDORFF (1906), HORVATH (1908), LETOURNEL (1966) und insbesondere PEIC (1970 und 1971), sowie die hier vorgelegten Untersuchungen zeigen konnten, kamen in erster Linie Corticalisflächen als Linien zur Darstellung, deren Ebenen mit der des Strahlenganges zusammenfielen.

So mußten die Untersuchungen KÖHLERs (1905) als die bis heute umfassendsten angesehen werden. Seine Befunde deckten sich bezüglich der Normalprojektion z. T. mit denen von REINER und WERNDORFF (1906), HORVATH (1908) und in neuerer Zeit weitgehendst mit denen PEICs (1970 und 1971), sowie den vorliegenden Ergebnissen. REINER und WERNDORFF (1906) hatten im Vergleich zu KÖHLER (1905) jedoch keine räumliche Differenzierung der einzelnen Tränenschenkel vorgenommen. Vielmehr ging aus ihren Untersuchungen hervor, daß medialer und lateraler Schenkel in einer Ebene liegen mußten.

HORVATH (1908) nahm neben dem Abmeißeln eines Teils des Os ischii Markierungen mit Nadelköpfen und Drähten vor. Er stellte fest, daß

weder der vordere Rand der Gelenkpfanne, noch der horizontale Ast des Os pubis an der Bildung der Tränenfigur beteiligt waren. Er widerlegte damit Untersuchungen von LUDLOFF (1902) und bestätigte KÖHLER (1905). Durch die vorgelegten Untersuchungsergebnisse konnte jedoch einschränkend festgestellt werden, daß bei einer lateralen Drehung von 10° und mehr (Bild I/3 und folgende) der mediale Tränenschenkel kontinuierlich in den Ramus superior ossis pubis übergeht, d. h., daß dieser als medialer Tränenschenkel gelten kann und bei weiterer lateraler Drehung den lateralen Schenkel kreuzt. Es muß andererseits bestätigt werden, daß vorderer und hinterer Rand der Gelenkpfanne nicht an der Tränenfigurbildung teilnehmen. Die Ergebnisse von HORVATH (1908), IMHÄUSER (1958), KÖHLER-ZIMMER (1967) und PEIC (1970 und 1971) werden somit unterstrichen.

IMHÄUSER (1952) ging bei seinen Studien zur Protrusio acetabuli nicht auf das Zustandekommen der Tränenfigur ein, als er sagte, daß die Tränenfigur der Lagebestimmung der Hüftpfanne zur Beckenmitte diene. Er stellte weiter fest, daß es drei Typen von Tränenfiguren gäbe. Diese starre Einteilung wird den dynamisch veränderbaren Linien jedoch nicht gerecht. Sie steht in gewissem Maße im Widerspruch zu der Feststellung, daß sich überkreuzende Linien auch unter normalen Verhältnissen vorkämen oder einstellungsbedingt seien.

Dagegen konnte die Auffassung IMHÄUSERs bestätigt werden, daß bei ventraler und dorsaler Kippung des Beckens eine Veränderung der Tränenschenkel weitestgehend verhindert wird. Der Grund liegt darin, daß sich Teile der Fossa acetabuli und der medialen Beckenwand in sagittaler Richtung erstrecken und der untere Bogen in der nach caudal konkaven Incisura acetabuli zu finden ist. Es ist jedoch zu betonen, daß der untere Bogen nur bis zu einer Kippung von 10° nach

dorsal nachweisbar ist, weil der vordere Anteil der Incisura acetabuli im Strahlengang, d. h. horizontal, verläuft.

SCHINZ et al. (1952) bezogen die Fossa acetabuli nicht in die Überlegungen mit ein, als sie sagten, daß die Köhler'sche Tränenfigur die Begrenzungslinien des Pfannenbodens darstelle.

GRASHEY und BIRKNER (1964) stellten anhand eines Röntgenbildes fest, daß die Tränenfigur der Länge nach vom Pecten ossis pubis durchschnitten sei. Diese Konfiguration ist bei Normalprojektion nicht möglich und würde eine laterale und ventrale Beckendrehung voraussetzen (siehe Serie I und Serie III).

Die Feststellung PEICs (1967), daß die Tränenschenkel bei normaler Entwicklung des Hüftgelenks eng blieben, konnte durch die vorgelegten Ergebnisse bestätigt werden. Zu gleichen Ergebnissen kam auch THOMAS (1969). Die ausführlichen Untersuchungen an Becken, die PEIC (1970 und 1971) mit Hilfe von Kontrastmitteln, Sägepräparaten, Nadelmarkierungen, dem Bildwandler und Beckenkippungen vornahm, konnten zum großen Teil bestätigt werden.

Durch das Entfernen des Os ischii vom Os ilium stellte PEIC fest, daß beide Tränenfigurschenkel im Os ischii enthalten sein müßten. Durch Entfernen der Fossa acetabuli zeigte sich, daß beide Schenkel in unterschiedlicher Tiefe lagen. Das konnte durch die vorgelegten Untersuchungen bestätigt werden. Zu gleichen Ergebnissen kamen auch KÖHLER (1905) und einschränkend HORVATH (1908).

REINER und WERNDORFF (1906) gelangten, wie oben ausgeführt, zu einem anderen Ergebnis. Die hier vorgenommenen Untersuchungen konnten zei-

gen, daß die zur Darstellung gelangenden Corticalisanteile der Tränenschenkel sowohl in unterschiedlichen Frontalebenen, als auch in unterschiedlichen Sagittalebenen liegen, da bei einer Drehung des Beckens aus der Normalstellung um 5° nach medial eine Verbreiterung der Tränenfigur erzielt wurde. Die den medialen Tränenschenkel bildende Knochenstruktur lag in diesem Falle nicht nur in einer anderen Sagittalebene, sondern auch erheblich weiter ventral, und zwar in der Ebene durch die Mitte der Fossa acetabuli. Die den lateralen Schenkel abbildende Corticalis mußte demnach geringfügig nach dorsal gewandert sein (siehe auch KÖHLER (1905)). Die Verbreiterung konnte somit als Maß für die Pfannenbodendicke verwandt werden.

PEIC (1971) stellte selbst beim Ankippen des Beckens auf der Gegenseite eine Verbreiterung der Tränenfigur fest, ohne daraus den Schluß zu ziehen, daß es sich hierbei um die wahre Pfannenbodendicke handelte.

2. Wie kommt es zu Kreuzungsphänomenen?

Während WOLFF (1896) und LUDLOFF (1902) nicht auf Kreuzungsphänomene eingingen, fiel KÖHLER (1905) die Inkonstanz der Tränenfigurform, besonders beim Erwachsenen, auf. Diese trat nicht nur spontan, sondern auch bei Änderungen des Röntgenröhrenfokus auf. Bei bestimmten Stellungen war die Tränenfigur entweder gar nicht mehr sichtbar oder die Schenkel hatten sich gegeneinander verschoben, z. T. gekreuzt. Hieraus schloß KÖHLER, daß die Tränenfigur aus mindestens zwei verschiedenen Anteilen bestehen mußte. Diese Ansicht konnte bestätigt werden. Wie aus den Knochenschnittuntersuchungen (Serie IV) hervorgeht, befinden sich die Corticalisanteile, welche bei Normalprojektion die Tränenschenkel und den unteren Bogen bilden, in verschiedenen Frontalebenen des Beckens. Der untere Bogen stimmt nur im dorsalen Anteil mit der Frontalebene des lateralen Tränenschenkels überein; sie sind räumlich dissoziiert.

Nach KÖHLERs Untersuchungen konnten bei einer starren Lokalisation der projizierten Tränenschenkel in verschiedenen Ebenen folgerichtig Kreuzungsphänomene zustande kommen. Dieses Ergebnis wurde durch die Tatsache unterstützt, daß der abgebildete Corticalisbereich der Fossa acetabuli (lateraler Tränenschenkel) mit veränderter Beckendrehung oder Röhrenstellung in verschiedenen Ebenen zu suchen war und somit den medialen Schenkel als "strichförmiges Gebilde" berühren oder kreuzen konnte. Anhand der vorliegenden Schrägschnittserien (Serie V und Serie VI) konnten die entsprechenden Corticalisbereiche lokalisiert werden.

Andererseits fand KÖHLER, daß die für den medialen Schenkel verantwortliche Knochenstruktur eine flächenhafte Ausdehnung haben mußte,

indem er die Beckeninnenwand senkrecht zur Strahlenebene auf den Film projizierte. Nach allen Untersuchungen kam er zu dem Schluß, daß die Beckeninnenwandkrümmung ventral der Spina ischiadica für den medialen Tränenschenkel verantwortlich sei. Hiermit würden jedoch Kreuzungsphänomene bei Drehung des Beckens nach lateral ausgeschlossen sein. Durch die vorgelegten Untersuchungen konnten diese jedoch nachgewiesen werden (Serie I und Serie II). Es muß hinzugefügt werden, daß der Bereich des Sulcus obturatorius in der Ebene des ventralen Anteils der Incisura acetabuli im sagittalen Strahlengang liegt und daher gelegentlich neben dem eigentlichen medialen Tränenschenkel beobachtet werden kann. Dieses Phänomen tritt dann auf, wenn die Sagittalebenen beider Linien verschieden sind.

Eine Linie, die nicht zur Tränenfigur gehört, aber bei Normalprojektion in deren Nähe liegt, hatte KÖHLER nicht richtig gedeutet. Es handelt sich hierbei um den lateral von dem lateralen Tränenschenkel liegenden, nach medial offenen Bogen (s. Pfeil in Bild I/14). KÖHLER bezeichnete ihn als Margo tuberis ischiadici lateralis. Durch die vorliegenden Untersuchungen konnte festgestellt werden, daß diese Linie besonders dann gut zur Darstellung kam, wenn sich der Sulcus zwischen Tuber ischiadicum und dem Unterrand des dorsalen Teils der Facies lunata im tangentialen Strahlengang befand. So kam es, daß sich der Bogen bei einer Drehung von 15° bis 45° nach medial (Bild I/14 bis I/20) nach medial und cranial in Richtung auf die Spina ischiadica verlängerte. Dieser Vorgang war auch auf dem Bild III/4 und den folgenden Bildern erkennbar.

REINER und WERNDORFF (1906) und HORVATH (1908) gingen nicht auf Kreuzungsphänomene ein. Ihre Untersuchungen, wonach die Tränenfigur im Bereich des Recessus acetabuli lag, schlossen eine Kreuzung der Tränenschenkel aus.

BRENTRUP (1943) stellte lediglich fest, daß eine Überkreuzung der Tränenfigur außer bei der Protrusio acetabuli auch bei schiefer Projektion möglich sei. Zu ähnlicher Auffassung kam IMHÄUSER (1952) als er drei Typen von Tränenfiguren beschrieb, ohne Hinweise auf das Zustandekommen von Kreuzungsphänomenen zu geben, während er 1964 feststellte, daß eine Überkreuzung der Tränenschenkel, bei Frauen häufiger als bei Männern vorkäme.

KÖHLER und ZIMMER (1967) konnten bei verschiedenen Röntgenröhrenfokusstellungen gelegentlich Überkreuzungen feststellen, nahmen jedoch keine Stellung zu deren Entstehung.

Erst PEIC (1970 und 1971) kam durch seine Untersuchungen mit Nadelmarkierungen, Kontrastmitteln und dem Bildwandler zu ähnlichen Ergebnissen wie KÖHLER (1905). Durch Verschiebungen des Röntgenröhrenfokus nach lateral, bzw. Beckendrehungen nach medial, konnte PEIC Tränenschenkelkreuzungen beobachten. Dieses konnte nur geschehen, wenn das anatomische Substrat der Tränenfigurschenkel in unterschiedlichen Frontalebenen lag. Anhand der vorgelegten Untersuchungen (Serie I, Serie II und Serie IV) wurden die Ergebnisse PEICs z. T. bestätigt. Bei lateraler Beckendrehung konnte ebenfalls eine Tränenfigurkreuzung erreicht werden, jedoch erst bei einer Drehung von 25° nach lateral im Gegensatz zur Kreuzung bei einer Drehung von 15° nach medial.

3. Was bildet den medialen Tränenfigurschenkel?

WOLFF (1896) beschrieb als Korrelat für den medialen Tränenschenkel den vorderen Rand des Acetabulums, wobei er keinerlei Lokalisationsversuche unternahm.

KÖHLER (1905) kam anhand eines Sägeschnittes durch den vorderen Anteil der Pfanne zu dem Schluß, daß die Tränenfigur hier exakt zur Darstellung käme. Bei genauer Betrachtung des Knochens hätte er sehen müssen, daß die Corticalis der medialen Beckenwandbegrenzung nicht senkrecht zur Strahlenebene durchschnitten sein konnte. Damit hätte das von ihm angeführte Projektionsgesetz, wonach die Stelle der Wand eines Zylinders oder einer Hohlkugel, welche im tangentialen Strahlengang liegt, als Strich auf dem Röntgenfilm abgebildet wird, nicht zur Anwendung kommen können.

Somit zweifelte KÖHLER auch an dieser Deutung, denn sie hätte bedeutet, daß sich die gegenüberliegenden Knochenflächen nie hätten kreuzen können. Diese Behauptung hätte sich nur aufrechthalten lassen, wenn sich beide Linien an festen Punkten befunden hätten.

Die vorliegenden Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß die Frontalebenen der Schenkel bei lateraler Drehung des Beckens aneinander vorbeilaufen und somit dynamisch veränderbar, d. h. an keinen festen Ort gebunden sind, denn schon bei Drehung des Beckens um 5° nach lateral (Bild I/2), kommen einander in der Frontalebene gegenüberliegende Corticalisanteile zur Darstellung. Diese Stellung konnte KÖHLER jedoch nicht gemeint haben, denn er ging bei seiner Schnittuntersuchung von der Normalstellung aus.

Zur Erklärung, warum der mediale Schenkel bei verschiedenen Projektionen in Länge und Breite immer gleichbleibend nachweisbar war -

welches durch die vorgelegten Ergebnisse widerlegt wurde (Serie I und Serie II) - projizierte KÖHLER die mediale Beckenwand senkrecht zur Strahlenebene auf den Röntgenfilm und stellte fest, daß in diesem Falle und bei Schrägprojektionen eine Linienbildung nicht möglich sei. Er folgerte daraus, daß nur ein gekrümmter Beckenwandbereich zwischen Pfanne und Filmschicht dafür in Frage käme und daß sich der mediale Schenkel von einer gekrümmten Fläche dorsal des Acetabulums herleite. Für die Normalstellung und die medialen Drehungen zwischen 0° und 45° konnte diese Ansicht bestätigt werden (Bild I/1 und Bild I/12 bis I/17). Die Form der genannten Fläche entspricht allerdings keiner gleichschenklig dreieckigen Fläche, deren Spitze die Spina ossis ischii darstellt, sondern einer rautenförmigen Fläche (Bild 6). Die Spina ossis ischii geht nicht mit in die Darstellung des medialen Schenkels ein (Serie IV).

Nach Untersuchungen KÖHLERs hätte sie wegen der Schrägprojektion nicht linienbildend werden können. Andererseits hatte KÖHLER den Ort des linienbildenden Knochenteils des medialen Schenkels bereits festgelegt. Einschränkend fügte KÖHLER jedoch hinzu, daß die Beckenwand medial der Fossa acetabuli auch in die Darstellung bei Normalaufnahmen mit einginge, bei Schrägaufnahmen aber nicht dargestellt würde. Die vorliegenden Untersuchungen konnten KÖHLERs Ergebnisse bestätigen, denn die Frontalebene des Corticalisbereichs, der den ventralen Teil des medialen Schenkels bildet, wurde bei fortlaufender Schnittführung nach dorsal bereits in der Ebene des Tuberculum obturatorium posterius gegenüber dem mittleren Drittel der Fossa acetabuli gefunden. Die vertikale Ausdehnung betrug hier 3 mm (Bild 6).

REINER und WERNDORFF (1906) kamen durch Herausmeißeln der Fossa acetabuli zu dem Schluß, daß der mediale Tränenschenkel nicht dorsal

der Pfanne liegen könne. HORVATH (1908) konnte dieses Ergebnis nur teilweise bestätigen, denn er fand, daß nach Abmeißeln des Ramus descendens ossis ischii, d. h. des bis zur Spina ischiadica reichenden Teils, nur der craniale Teil des medialen Tränenschenkels verschwand. Vermutlich hatten REINER und WERNDORFF den medialen geraden Strich nicht als zur Tränenfigur gehörend angesehen und nur den hier untersuchten und beschriebenen zarten Strich für den medialen Tränenschenkel gehalten (siehe Pfeil Bild I/12, I/13, IV/8). Die Autoren sahen in dem Bereich des medialen Schenkels infolgedessen nur eine homogene Struktur.

Trotz Herausmeißelns des vorderen und hinteren Teils der Pfanne gelangte die Tränenfigur zur Darstellung, woraus sie schlossen, daß sie als Projektion einer relativ kleinen aber wohl umschriebenen Partie anzusehen sei.

HORVATH (1908) sah andererseits das eigentliche anatomische Substrat des medialen Schenkels im Bereich der Fossa acetabuli. Auf Grund der hier durchgeführten Untersuchungen, welche die Ergebnisse KÖHLERs (1905) und PEICs (1970 und 1971) bestätigen, liegt der ausgedehnteste Bereich dorsal der Gelenkpfanne, ca. 20 mm dorsal des Tuberculum obturatorium posterius (Serie IV). Wenn HORVATH einerseits sagte, der craniale Teil des medialen Schenkels liege dorsal der Gelenkpfanne, andererseits, er liege im Bereich der Fossa acetabuli, so mußte er nach vorliegender Auffassung in dem medialen Schenkel zwei Komponenten sehen. Wie gezeigt werden konnte wäre diese Annahme nach anatomischen Verhältnissen nur teilweise zu vertreten, denn der mediale Tränenschenkel setzt sich caudal bis in das Tuber ischiadicum fort. Nach röntgenologischen Gesichtspunkten wären Kreuzungsphänomene nicht erklärbar gewesen.

Die Bemerkung HORVATHs an anderer Stelle, daß der mediale, innere Schenkel der inneren Grenzlinie des Fundus nur in seinen oberen zwei Dritteln entspräche, widerspricht seiner oben geäußerten Behauptung, der mediale Schenkel läge dorsal der Pfanne. Dieser Widerspruch wurde nicht geklärt.

HORVATH war außerdem der Auffassung, daß die Pfannenbodendicke aus der Tränenfigurbreite zu bestimmen sei (siehe auch PEIC (1971)). Aus den vorgelegten Untersuchungen geht jedoch hervor, daß die größte Tränenfigurbreite erst bei einer lateralen Drehung von 5° bis 10° erreicht wird und dann als wahre Pfannenbodendicke bezeichnet werden kann (Bild I/2, II/2 und II/3). In diesem Falle kommen beide Tränenfigurschenkel in der gleichen Frontalebene zur Abbildung, d. h. sie liegen sich gegenüber. Das anatomische Substrat des medialen Schenkels ist nach ventral gerückt, das des lateralen Schenkels geringfügig nach dorsal.

IMHÄUSER (1958) ging im wesentlichen nur auf die Beschreibungen KÖHLERs (1905) ein, indem er sie mit den Pfannenbodenveränderungen bei "intrapelvinen Vorragungen" verglich. Er konnte feststellen, daß der mediale Schenkel die Projektion der Wand des kleinen Beckens sei. Ähnliche Ergebnisse konnten bei sämtlichen Autoren, außer bei WOLFF (1896) und LUDLOFF (1902) gefunden werden. Eine genauere Lokalisation, wodurch Kreuzungspänomene hätten erklärt werden können, wurde nicht vorgenommen.

GRASHEY und BIRKNER (1964) kamen zu einem ähnlichen Ergebnis wie IMHÄUSER (1958), bezogen aber wie HORVATH (1908) den langen, medialen Schenkel nicht in die Tränenfigur mit ein. Damit schlossen auch sie Kreuzungsphänomene aus. Wenn an anderer Stelle trotzdem von einem

Durchschneiden der Tränenfigur durch das Pecten ossis pubis gesprochen wurde, so konnte nur eine Fehldeutung vonseiten der Autoren vorliegen. In dem entsprechenden Röntgenbild war der mediale Schenkel in Projektion auf den unteren Bogen zu sehen, was unter Zugrundelegung der Normalprojektion eine geringgradige Vorwölbung des Sulcus obturatorius gegen die Beckenmitte bedeutet hätte (Bild II/1). In diesem Falle stimmten die Sagittalebenen des eigentlichen medialen Schenkels und der kleinen Linie, welche sich vom unteren Bogen nach medial und cranial fortsetzt, nicht überein.

Wie aus den vorgelegten Ergebnissen und den Untersuchungen PEICs (1971) hervorgeht, tritt die zarte, mediale Linie gegenüber dem geraden, kräftigen Tränenfigurschenkel bei Normalprojektion in den Hintergrund und sollte als linienbildender Bestandteil nur bei gedrehten Aufnahmen Berücksichtigung finden (Bild I/12 bis I/17). Die Darstellung des kleinen medialen Strichs muß daher als Normvariante angesehen werden.

LETOURNEL (1966) war wie KÖHLER (1905) und mit Einschränkung auch HORVATH (1908) der Auffassung, daß der lange, gerade Schenkel außerhalb der Tränenfigur läge, wie er aus Röntgenbildern bei reiner dorsaler Pfeilerfraktur ersehen konnte. Außerdem bestand in der Auffassung Einigkeit, daß der mediale Schenkel am hinteren Pfannenrand, bzw. dorsal der Pfanne zu suchen sei. LETOURNEL behauptete aber außerdem, daß die "ilio-ischiadische Linie die sagittale Projektion des Beckenseitigen Pfannengrundes" sei. Die Parallelität zu der Auffassung HORVATHs (1908) ist auffällig. Sie würde bedeuten, daß es keine Kreuzungsphänomene gäbe. Desweiteren schlössen sich medialer Schenkel in Höhe des Pfannengrundes und kleiner medialer Strich, der aus dem unteren Bogen hervorginge, aus.

Wie aus Serie IV hervorgeht, befinden sich die entsprechenden Corticalisbereiche beider Linien in verschiedenen Frontal- und Sagittalebenen, in Serie I nur in verschiedenden Frontalebenen. Der Widerspruch wurde vom Autor nicht geklärt.

KÖHLER und ZIMMER (1967) kamen zu gleichen Ergebnissen wie REINER und WERNDORFF (1906), HORVATH (1908) und mit Einschränkungen, LETOURNEL (1966) indem sie das anatomische Substrat des medialen Schenkels in Höhe des Pfannengrundes sahen. Gleichzeitig stellten sie jedoch eine Kreuzung der Tränenschenkel fest, was unter diesen Bedingungen unmöglich wäre.

PEIC (1970) kam zu dem Schluß, daß die innere Kante der Spina ossis ischii für die Darstellung des medialen Tränenschenkels verantwortlich wäre und daß sie dorsal vom lateralen Schenkel läge. 1971 präzisierte PEIC diesen Bereich durch Nadelmarkierungen und Bildwandleruntersuchungen, indem er als Lokalisation die hintere Pfannenrandbegrenzung ventral von der Spina ischiadica angab. Die vorgelegten Knochenschnittuntersuchungen (Serie IV) konnten diese Angaben bestätigen. Ebenso wurde die Ansicht geteilt, daß die Intensität des medialen Schenkels durch Entfernen der Pfanne im Bereich der Fossa acetabuli abnehmen mußte, wenn man davon ausging, daß der mediale Schenkel bereits in Höhe des Tuberculum obturatorium posterius, gegenüber dem dorsalen, mittleren Drittel der Fossa acetabuli begann. (Bild 6, Serie IV). Bezüglich des Metallkanülenversuchs unter dem Bildwandler, als Beweis, daß die Corticalis des medialen Schenkels dorsal der Gelenkpfanne liegt, ist zu sagen, daß PEIC bei Drehung des Beckens nicht aufgefallen war, daß sich der mediale Schenkel bei zunehmender medialer Drehung oder Verschiebung des Röntgenröhrenfokus nach lateral von der Metallkanüle entfernte.

In Serie V konnte gezeigt werden, daß sich der mediale Tränenschenkel bei einer Drehung von 25° nach medial (Bild I/16), um ca. 5 bis 6 mm nach dorsal gegenüber der Normalstellung (Serie IV) entfernt hatte. Die von PEIC gemachten Angaben konnten somit nur für die Normalstellung des Beckens zutreffen.

4. Was bildet den lateralen Tränenfigurschenkel?

Über das anatomische Substrat des lateralen Tränenfigurschenkels bestand bei WOLFF (1896) und LUDLOFF (1902), im Gegensatz zu allen nachfolgenden Autoren, eine diskrepante Auffassung. Während WOLFF die Verbindungslinie zwischen Incisura ischiadica major und Spina ossis ischii als linienbildenden Knochenbereich ansah, projizierte LUDLOFF die Tränenfigur, deren Begriff erst von KÖHLER (1905) gebildet wurde, in den knöchernen Pfannenrand.

Die Untersuchungsergebnisse KÖHLERs (1905) decken sich weitgehend mit den hier vorgelegten. So geht aus Serie IV hervor, daß ein in der ventralen Hälfte der Fossa acetabuli gelegener Corticalisbereich, etwa an der Grenze vom vorderen zum mittleren Drittel bei Normalprojektion linienbildend sein muß (Bild 5). Desgleichen konnte bestätigt werden, daß der laterale Tränenschenkel bei Beckendrehungen durch Corticalisbereiche der Fossa acetabuli gebildet werden mußte, die in verschiedenen Frontalebenen lagen.

Zu diesen Ergebnissen kamen auch REINER und WERNDORFF (1906), während als knöchernes Substrat des lateralen Schenkels der Bereich der Fossa acetabuli ohne genaue Lokalisation genannt wurde.

BRENTRUP (1943) und IMHÄUSER (1958) kamen ebenfalls zu gleichen Ergebnissen.

LETOURNEL (1966) konnte durch Röntgenbilder von ventralen und dorsalen Pfeilerfrakturen feststellen, daß der laterale Tränenschenkel, bzw. die Tränenfigur ventral vom dorsalen Pfannenrand liegen müsse, weil bei reiner dorsaler Pfeilerfraktur die Tränenfigur erhalten bliebe, während sie bei ventraler Pfeilerfraktur mit abgerissen würde.

PEIC (1971) gelangte auch zu dem gleichen Ergebnis wie KÖHLER (1905), als er feststellte, daß die linienbildende Corticalis inmitten des Acetabulums läge. Die vorliegenden Ergebnisse konnten diesen Bereich präzisieren (Serie IV).

5. Was bildet den unteren Bogen?

Bezüglich des unteren Bogens der Tränenfigur stellte KÖHLER (1905) mit Hilfe von Bleidrahtmarkierungen und Sägeschnitten fest, daß dieser durch die Corticalis im Bereich des Tuberculum obturatorium posterius dargestellt werde. PEIC (1971) kam zu dem gleichen Ergebnis. Anhand der vorliegenden Schnittuntersuchungen (Serie IV) wurde jedoch belegt, daß dieser Bereich nicht linienbildend sein konnte, da die Corticalis hier schräg durchschnitten wurde (Bild IV/10). Außerdem ging aus der Serie III hervor, daß der genannte Bereich erst bei einer ventralen Kippung von mindestens 10^{o} zur Darstellung gelangte, jedoch nicht bei Normalstellung.

HORVATH (1908) gab keine genaue Lokalisation an, sondern bezeichnete den unteren Bogen als den Bereich, "wo der Ausgang der Fossa acetabuli zur Wand des kleinen Beckens zurückbiegt".

F Zusammenfassung

Die Köhler'sche Tränenfigur ist ein Summationsbild des Hüftpfannenbereichs des Menschen. Ihre drei für die Darstellung verantwortlichen Corticalisflächen befinden sich in verschiedenen Frontalebenen zum Röntgenfilm. Die Lage der Tränenfigurschenkel zueinander ist im Projektionsbild durch Beckendrehungen dynamisch veränderbar, wodurch Kreuzungsphänomene entstehen.

Bereits 1896 wurde eine Deutung der Tränenfigurlinien versucht. Bis heute ist es keinem der Autoren gelungen, alle drei für die Linien verantwortlichen Knochenflächen genau zu lokalisieren. Es wurden sechs Röntgenserien von mazerierten Beckenhälften und Sägeschnitten des Hüftpfannenbereichs in Normalstellung und bei verschiedenen Beckendrehungen angefertigt.

Hierdurch konnte nachgewiesen werden, daß die Corticalisebene des lateralen Tränenschenkels in der ventralen Hälfte der Fossa acetabuli und die des medialen Schenkels in der medialen Beckenwand, unmittelbar dorsal der Gelenkhöhlung, liegt. Die Ebene des unteren Bogens liegt zwischen dem ventralen Beginn der Fossa acetabuli und der Ebene des lateralen Schenkels.

H Literaturverzeichnis

1. BRENTRUP, H.:

Zur Frage der Protrusio acetabuli.
Arch. Orthop. 42 (1943), 241-267

2. BUCHER, O.:

Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen.
3. Aufl. Medizinischer Verlag Hans Huber, Bern und Stuttgart 1962

3. COCCHI, U., P. THURN, E. BÜCHELER:

Einführung in die Röntgendiagnostik.
3. Aufl. Thieme-Verlag, Stuttgart 1971

4. GRASHEY, R., R. BIRKNER:

Atlas typischer Röntgenbilder vom normalen Menschen.
10. Aufl. Urban & Schwarzenberg - Verlag, München 1964

5. HORVATH, M.:

Beiträge zur Pathologie und Therapie der angeborenen Hüftverrenkung.
Z. Orthop. 22 (1908), 441-556

6. IMHÄUSER, G.:

Die intrapelvinen Vorragungen des Hüftpfannenbodens im Erwachsenenalter unter besonderer Berücksichtigung der Protrusio acetabuli.
Z. Orthop. 81 (1952), 311-336

7. IMHÄUSER, G.:

In Handbuch der Orthopädie, Bd. II, S. 1103-1113.
Thieme-Verlag, Stuttgart 1958

8. IMHÄUSER, G.:

Zum Krankheitsbild der Protrusio acetabuli.
Z. Orthop. 100 (1965). 100-104

9. KÖHLER, A.:

Die normale und pathologische Anatomie des Hüftgelenks und Oberschenkels in röntgenographischer Darstellung.
Röntgenarchiv, Hamburg 1905

10. KÖHLER, A.:

Die normale Anatomie der Pfanne im Röntgenbild.
Verh. Dtsch. Orthop. Ges., 8. Kongr.,
Stuttgart 1909,
Z. Orthop. Chir. 24 (1909). 52 -53

11. KÖHLER, A., E. A. ZIMMER:

Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbild des Skelettes.
11. Aufl. Thieme-Verlag, Stuttgart 1967

12. LETOURNEL, E.:

Die operative Versorgung der Hüftgelenkpfannenbrüche.
Langenbecks Arch. klin. Chir. 316 (1966), 422-437

13. LUDLOFF, K.:

Zur Pathogenese und Therapie der angeborenen Hüftgelenksluxation.
Jena 1902

14. PEIC, Stj.:

Biologie des Hüftgelenkes, dargestellt an der Luxationshüfte.
Verh. Dtsch. Orthop. Ges., 53. Kongr., Hamburg 1966
Enke-Verlag, Stuttgart 1967

15. PEIC, Stj.:

Was bildet die Köhlersche Tränenfigur?

Verh. Dtsch. Orthop. Ges., 56. Kongr.,
Wien 1969
Enke-Verlag, Stuttgart 1970

16. PEIC, Stj.:

Die Köhlersche Tränenfigur und ihre Bedeutung in der Röntgendiagnostik.
Fortschr. Röntgenstr. 114 (1971), 305-316

17. RAVELLI, A.:

Zum anatomischen und röntgenologischen Bild der Hüftpfanne.
Z. Orthop. 113 (1975), 306-315

18. REINER, M., R. WERNDORFF:

Über die sogenannte Tränenfigur im Röntgenbild des Hüftgelenks.
Z. Orthop. Chir. 16 (1906), 236-240

19. SCHINZ, H. R., W. E. BAENSCH, E. FRIEDL, E. UEHLINGER:

Lehrbuch der Röntgendiagnostik.
5. Aufl. Thieme-Verlag, Stuttgart 1952

20. SOBOTTA, J., H. BECHER:

Atlas der deskriptiven Anatomie des Menschen, Teil I.
15. Aufl. Urban & Schwarzenberg-Verlag, München und Berlin 1957

21. THOMAS, G.:

Die dysplastische Hüftgelenkspfanne.
Beiheft aus Z. Orthop.
Enke-Verlag, Stuttgart 1969

22. WOLFF, J.:

Zit. nach KÖHLER (1905)

Herrn Professor Dr. med. G. Friedebold, Direktor der Orthopädischen Universitäts-Klinik und Poliklinik Oskar-Helene-Heim zu Berlin-Zehlendorf, danke ich für die Überlassung des Themas sowie für die Anregungen, welche die Geschlossenheit der Arbeit sehr förderten.

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. R. Kölbel, Oberarzt im Oskar-Helene-Heim, danke ich sowohl für die vielseitige Unterstützung bei der Herstellung der Übersichts- und Knochenschnittserien, als auch für manche kritische Anmerkung bei der Gestaltung der Arbeit.

Herrn Professor Dr. med. C. J. Lüders, Dirigierender Arzt des Pathologischen Institutes am Wenckebach-Krankenhaus zu Berlin-Tempelhof bin ich wegen der bereitwilligen Unterstützung bei der Beschaffung und Präparation von Beckenhälften zu Dank verpflichtet.

Ebenso danke ich Herrn Professor Dr. med. K. Köhn, Ärztlicher Direktor und Chefarzt des Pathologischen Institutes am Krankenhaus Neukölln zu Berlin-Neukölln und Herrn Professor Dr. med. E. Wüstenfeld vom Institut für Anatomie der Freien Universität Berlin, für die Überlassung und Mazeration von Beckenhälften.

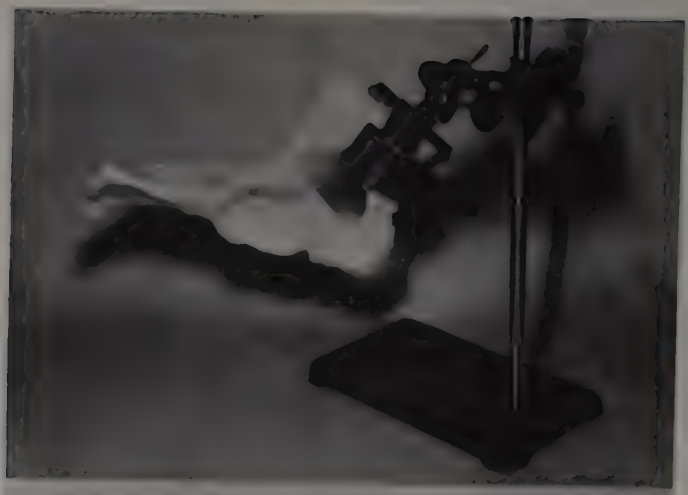
Lebenslauf

Als Sohn des Opernsängers Herbert Golzo und seiner Ehefrau Margrit Golzo, geb. Sendler, wurde ich am 24. Juli 1942 in Berlin geboren. Nach Absolvierung der Grundschul- und Oberschulzeit in Berlin begann ich nach Ablegen des Abiturs 1964 mein Medizinstudium an der Freien Universität Berlin.

Im August 1970 schloß ich hier mit dem Staatsexamen ab. Nach Erlangen der Approbation im März 1972 war ich ein Jahr am Röntgeninstitut des Städt. Krankenhauses-Moabit zu Berlin-Moabit (Chefarzt: Professor Dr. R. Birkner), ab März 1973 an der Inneren Abteilung des Städt. Wenckebach-Krankenhauses zu Berlin-Tempelhof (Chefarzt: Professor Dr. W.-D. Germer) tätig.

Bild 1
Beckenübersichtsaufnahme eines 67-jährigen gesunden Mannes in Normalstellung (s. Text S. 10)

Bild 2



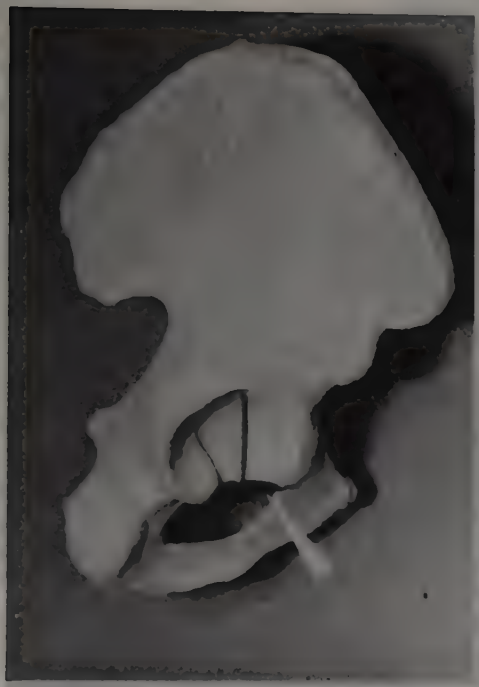


Abb. 4
Coxitis [illegible]
im Jugendalter
von lateral gesehen.
Deutlich die Osteo-
porose [illegible]
und des [illegible]
Schenkelhalses (s. Pfeil)

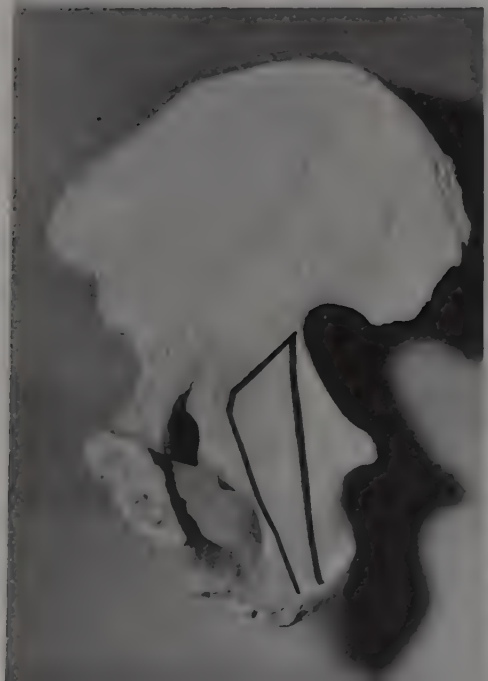
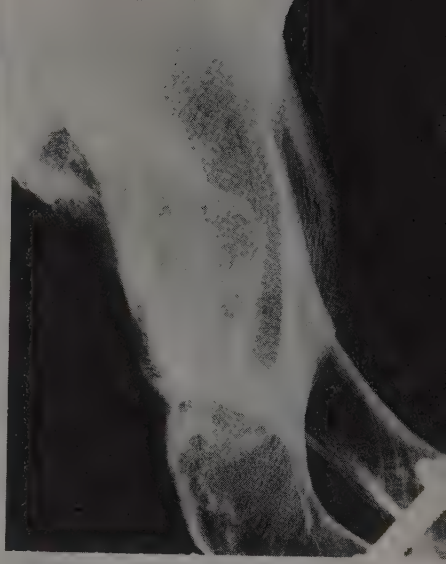
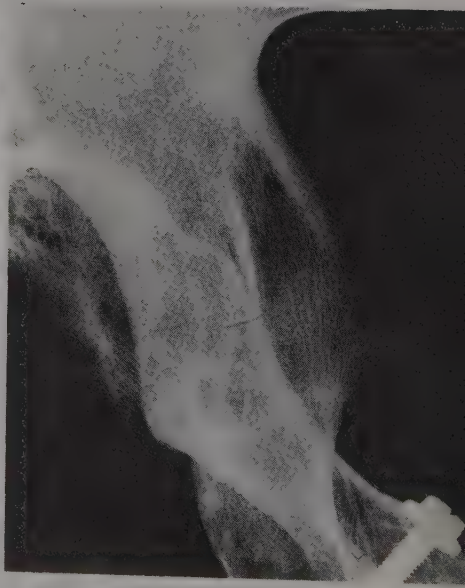
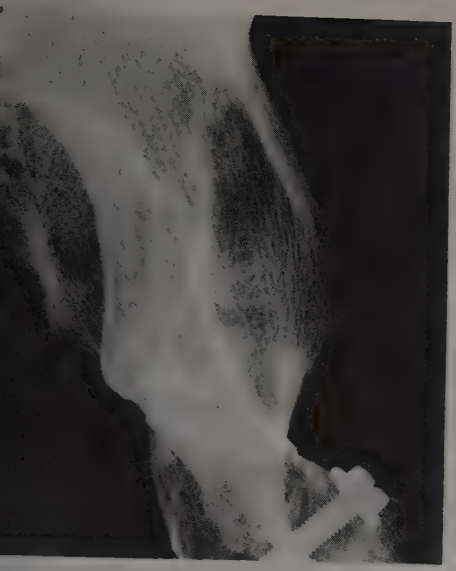


Abb. 5
Coxitis tuberculosa
in vorgeschrittenem
Stadium.
Verschmelzung der Tuberkulisierungsherde, Bildung der typischen Knochenhöhlen und Verlust der Kopf-Hals-Konturen (s. Pfeil).
Ferner ist ein Teil des Kopfes [illegible]

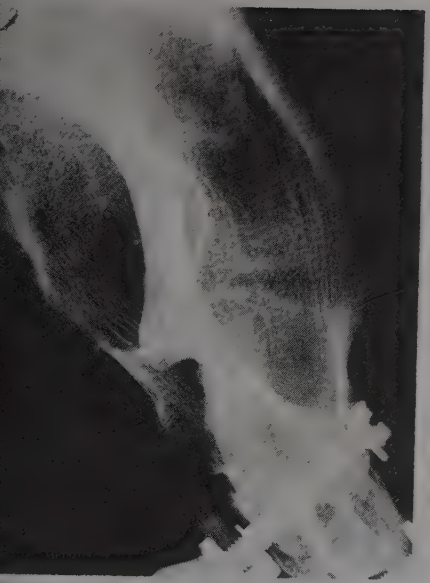




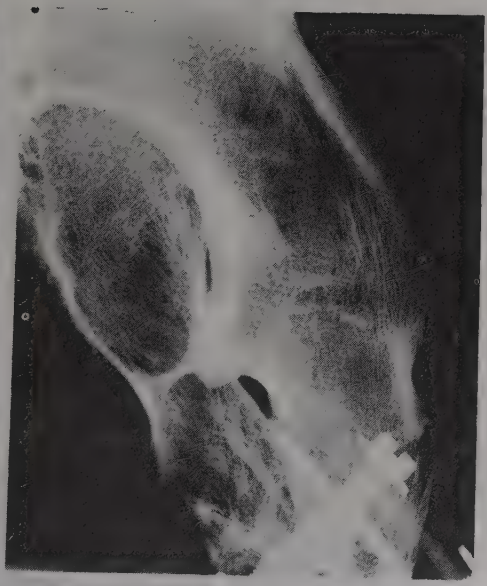


/3

1.6



7



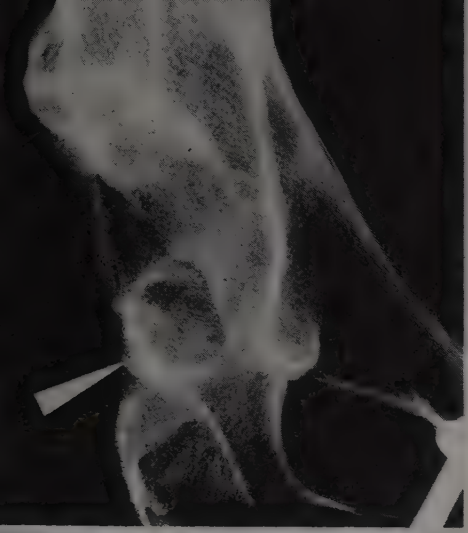
5/2

I/9

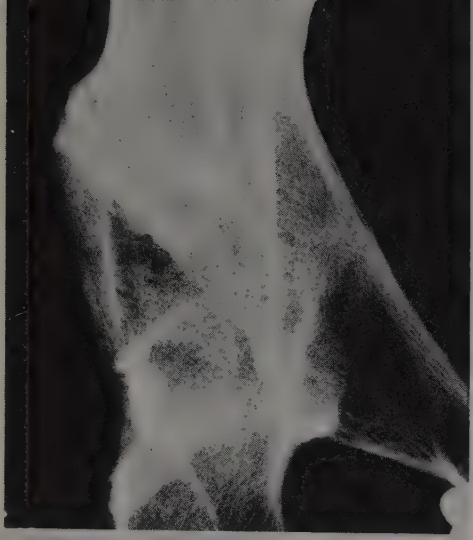
I/10

I/12

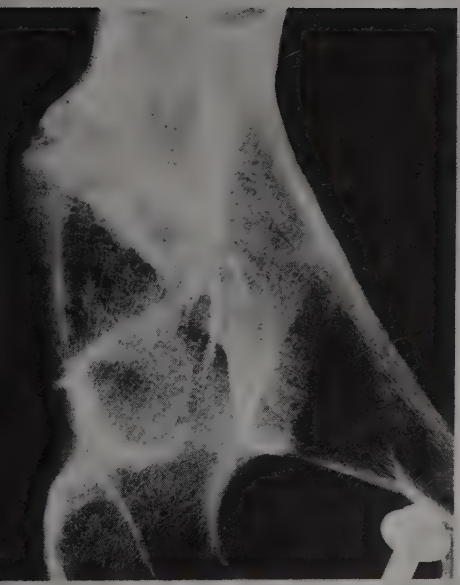
I/13



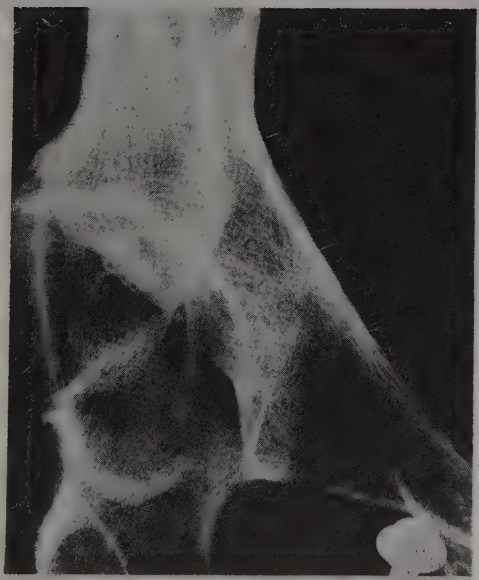
I/14



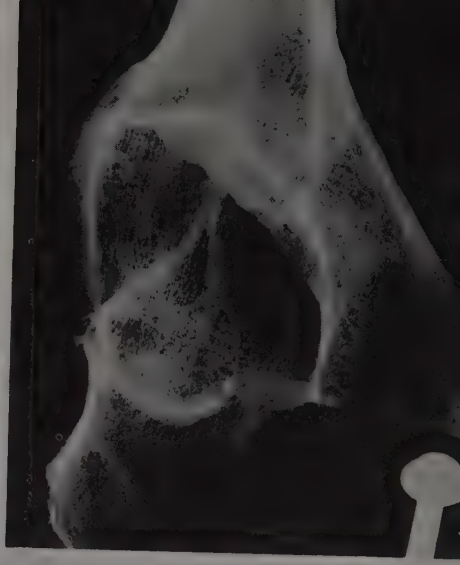
I/15

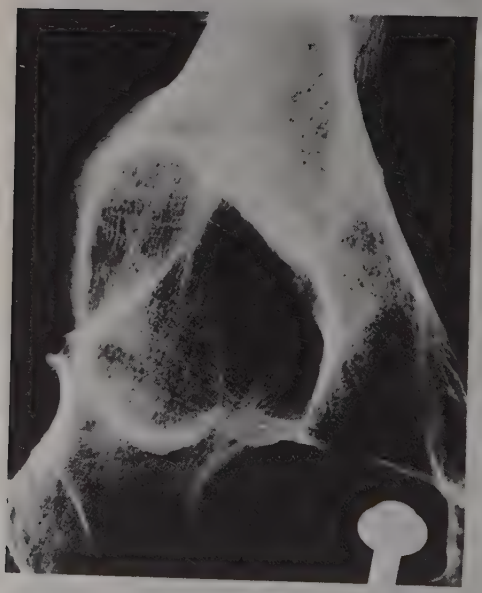


I/16



I/17

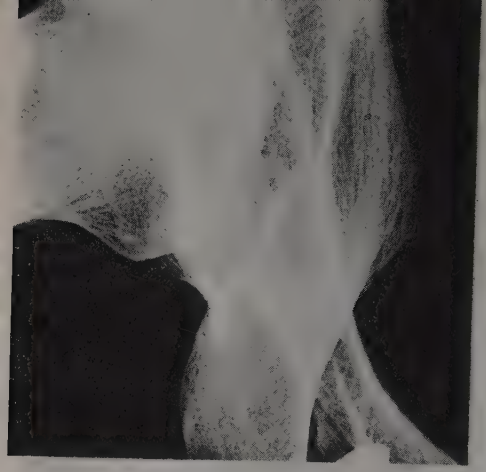


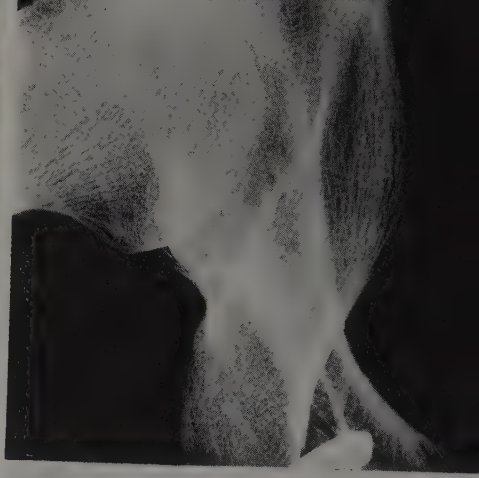


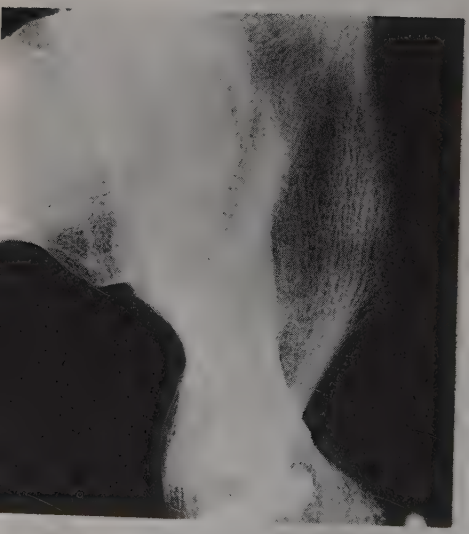
II/1

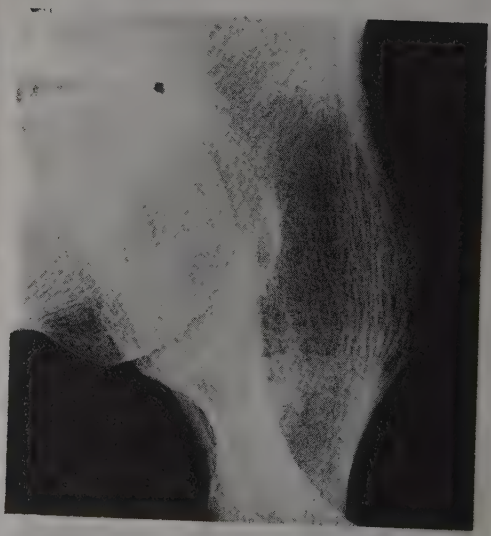
II/3

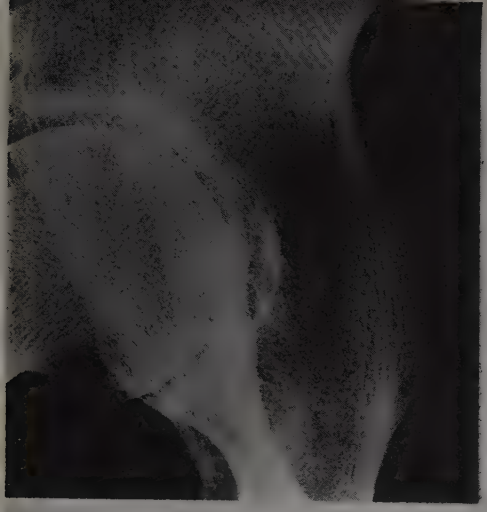
II/



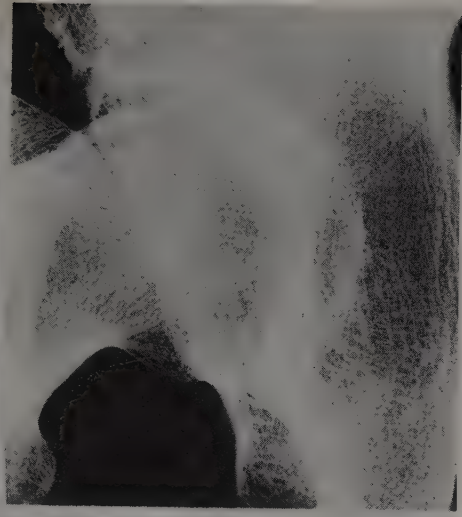








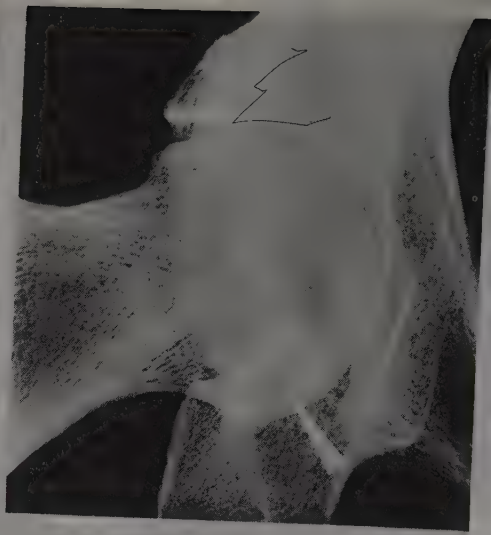
II/9

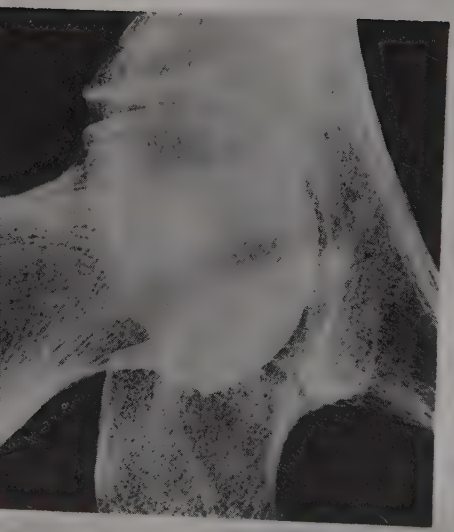


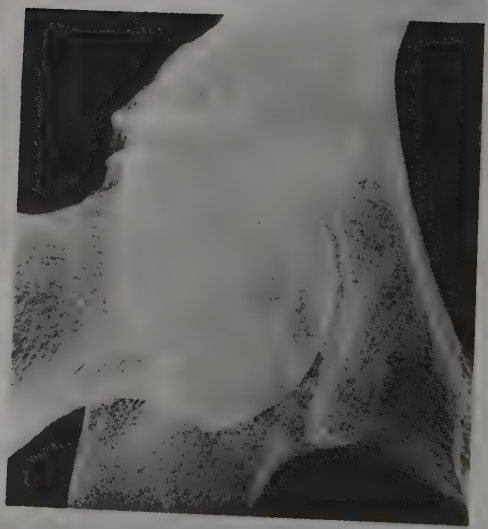
II/10

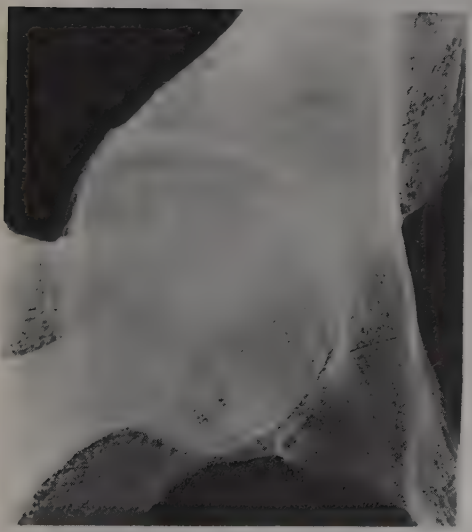
II/12

II/13









III/0

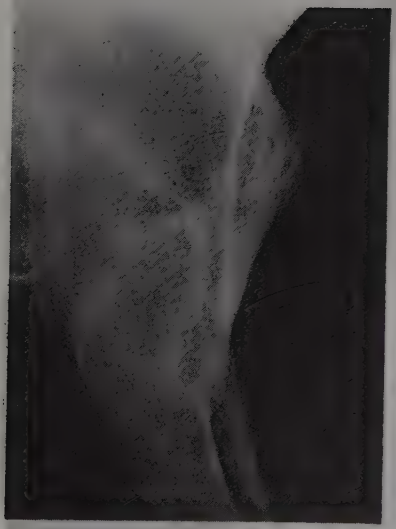
III/1

III/2

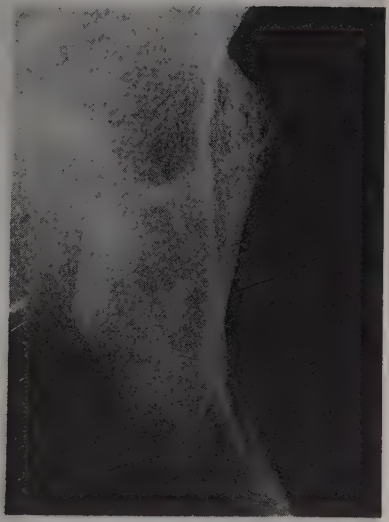
III/3

III/4

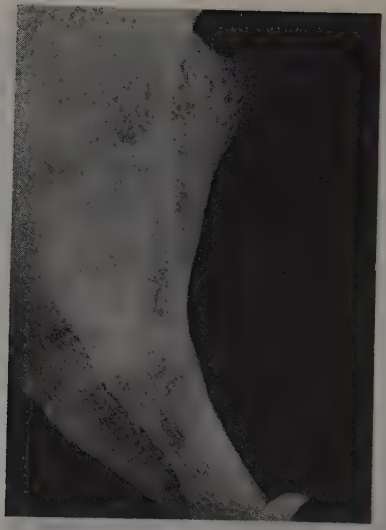
III/5

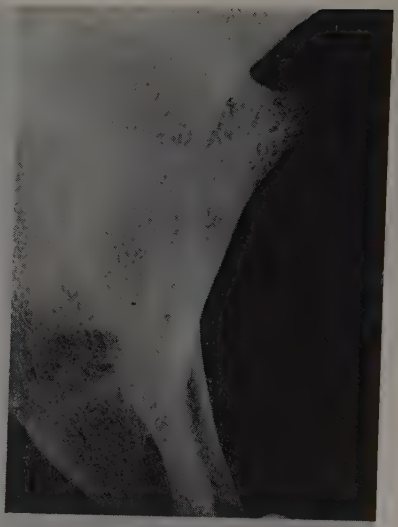


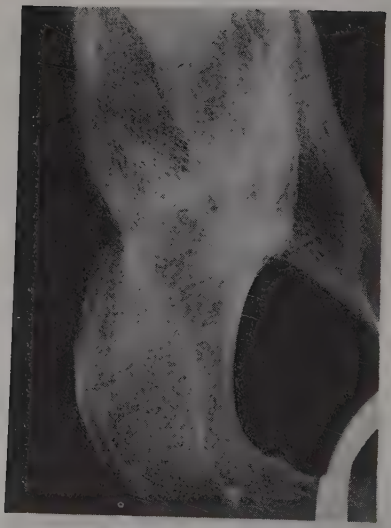
III/6

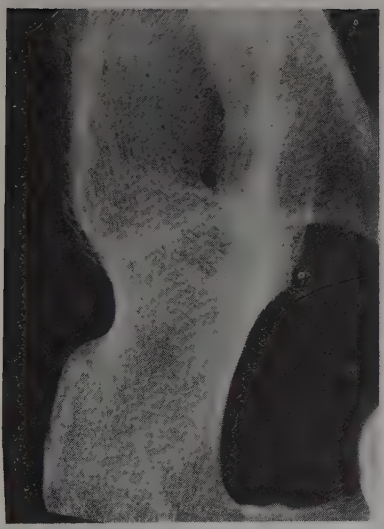


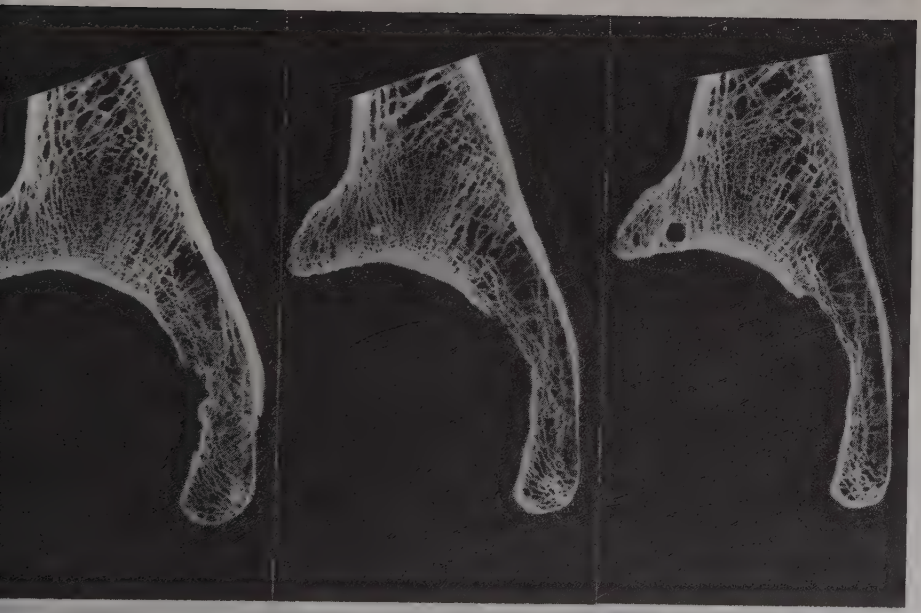
III/7

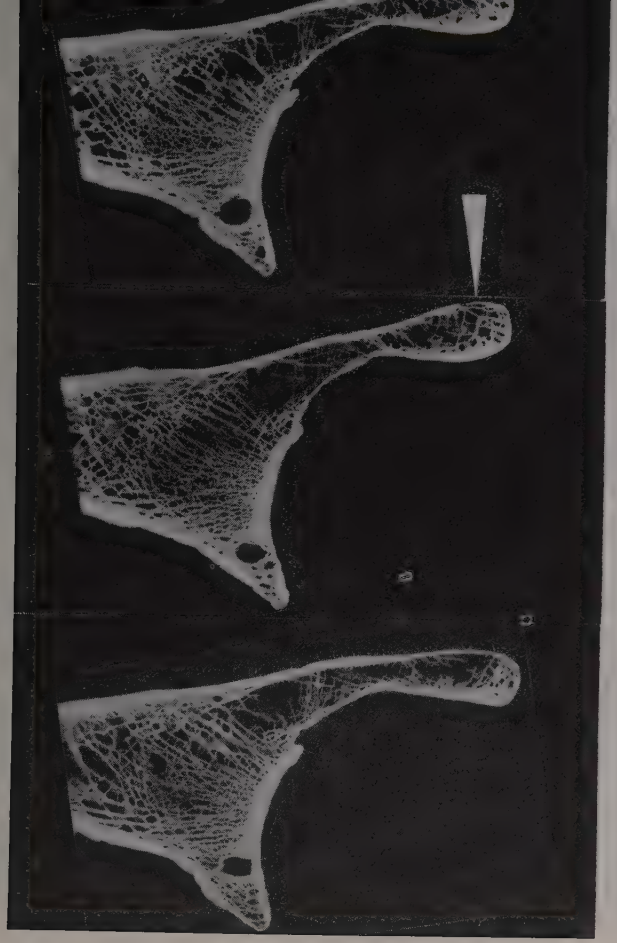


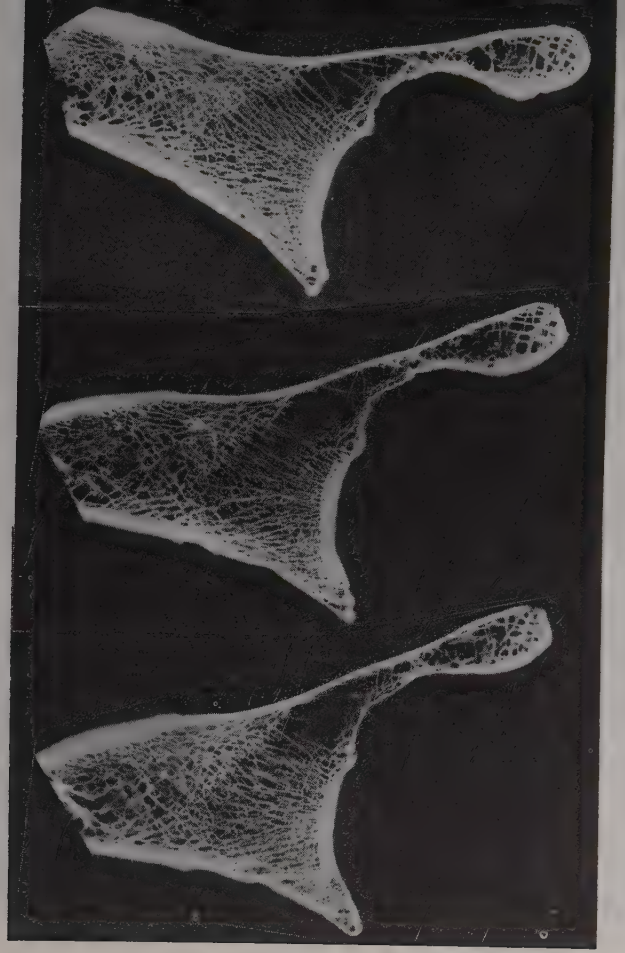


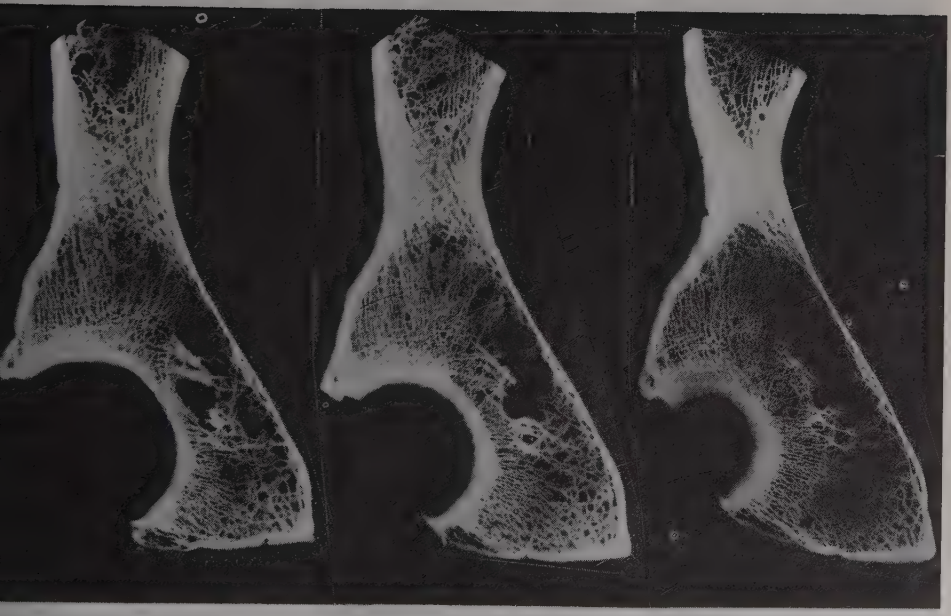








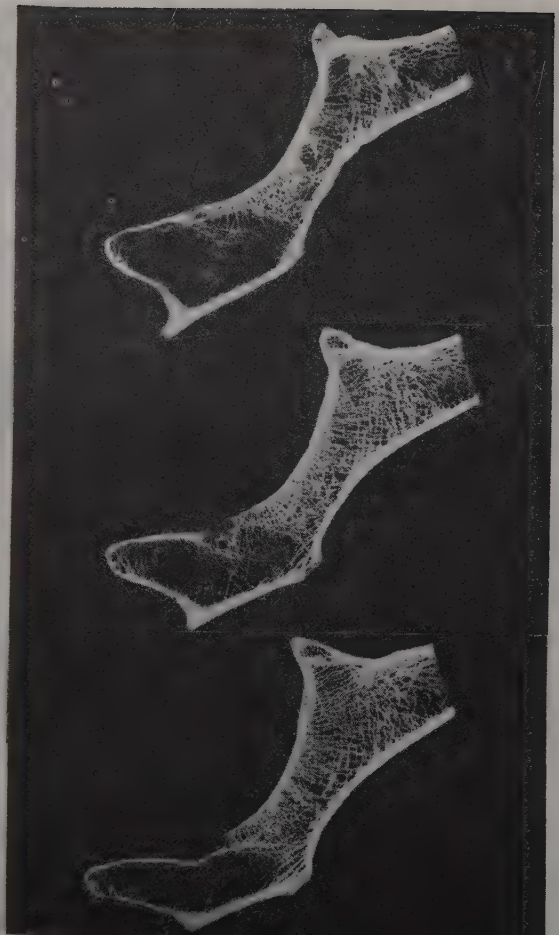


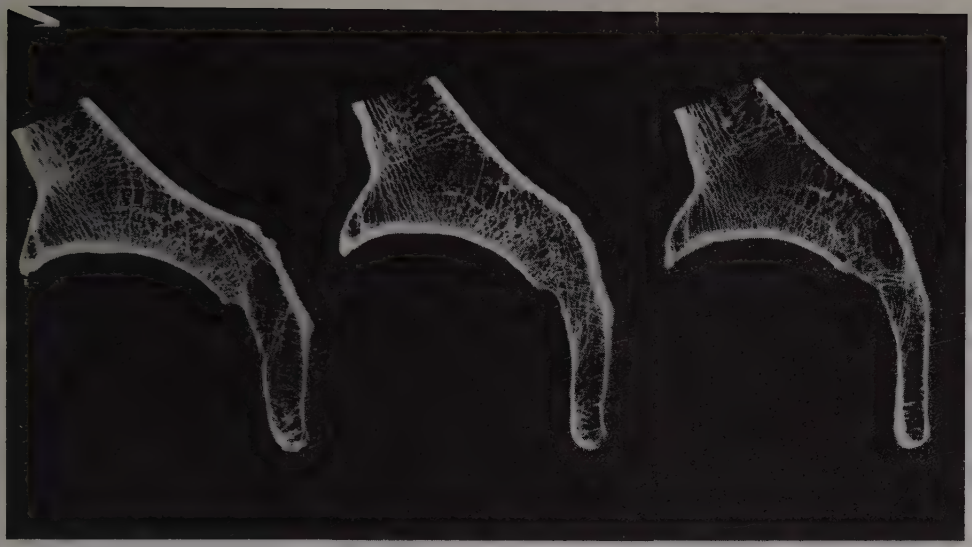


IV/20

IV/21

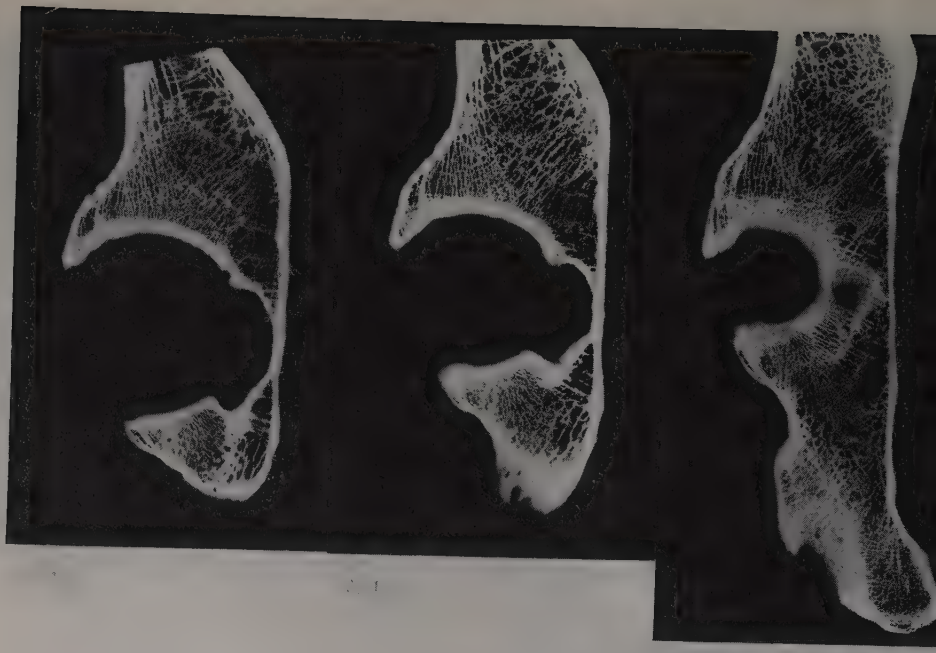
IV/25 IV/26 IV/27

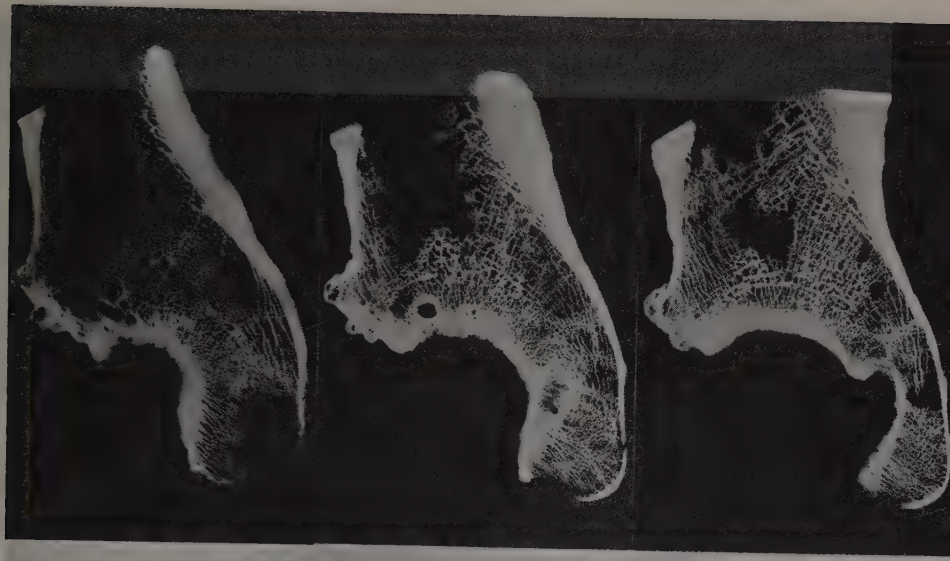




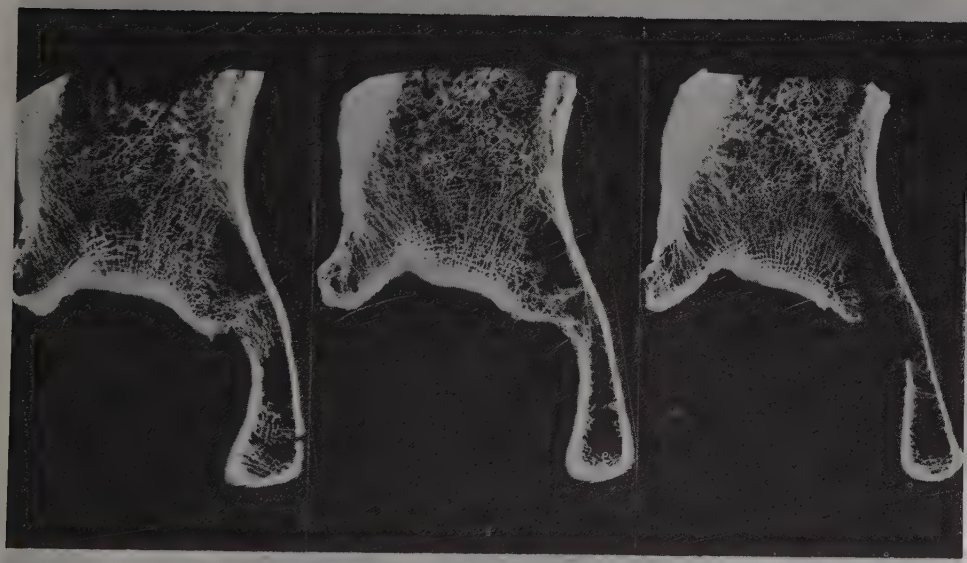
V/7 V/8 V/9

V/10 V/11 V/12

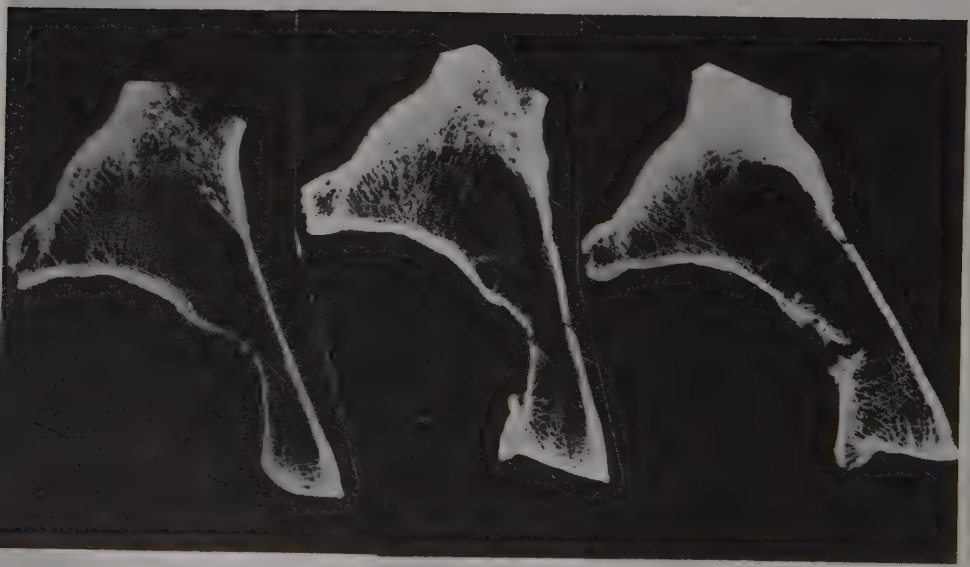




VI/1 VI/2 VI/3



VI/4 VI/5 VI/6



Fred Höpfner - Dissertationsdruck - 1 Berlin 12 - Pestalozzistraße 106
Tel.: 3128885 - 3138198